



SKRIPSI – ME 141501

**ANALISIS TEKNO EKONOMI PENGGUNAAN MOTOR DC
PENGUAT TERPISAH SEBAGAI PENGGERAK UTAMA
KAPAL DAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (SEL
SURYA DAN *DIESEL GENERATOR*) PADA PERENCANAAN
KAPAL TANKER 1700 DWT**

Muhammad Adi Nugroho

NRP 04211340000066

Dosen Pembimbing

Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



FINAL PROJECT – ME 141501

**TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF USING SEPARATE
EXCITED DC MOTOR AS SHIP PRIME MOVER AND
ELECTRICAL HYBRID POWER SYSTEM (SOLAR CELL AND
DIESEL GENERATOR) AT TANKER VESSEL 1700 DWT PLAN**

Muhammad Adi Nugroho

NRP 04211340000066

Supervisors

Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

Department of Marine Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNO EKONOMI PENGGUNAAN MOTOR DC PENGUAT TERPISAH SEBAGAI PENGGERAK UTAMA KAPAL DAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (SEL SURYA DAN DIESEL GENERATOR) PADA PERENCANAAN KAPAL TANKER 1700 DWT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

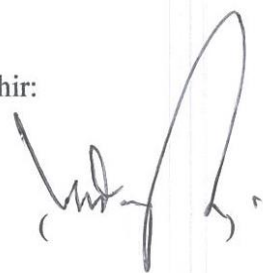
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Muhammad Adi Nugroho
NRP 4213 100 066

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng



Surabaya
Juli, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNO EKONOMI PENGGUNAAN MOTOR DC PENGUAT TERPISAH SEBAGAI PENGGERAK UTAMA KAPAL DAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (SEL SURYA DAN DIESEL GENERATOR) PADA PERENCANAAN KAPAL TANKER 1700 DWT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Muhammad Adi Nugroho
NRP 4213 100 066

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS TEKNO EKONOMI PENGGUNAAN MOTOR DC PENGUAT
TERPISAH SEBAGAI PENGGERAK UTAMA KAPAL DAN SISTEM
PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (SEL SURYA DAN *DIESEL GENERATOR*)
PADA PERENCANAAN
KAPAL TANKER 1700 DWT**

Nama Mahasiswa : Muhammad Adi Nugroho
NRP : 04211340000066
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. A. A. Masroeri, M.Eng., D.Eng

ABSTRAK

Penggunaan motor dc penguat terpisah sebagai *prime mover* kapal dan sistem *hybrid* (sel surya dan *diesel generator*) masih jarang dipakai di Indonesia khususnya pada kapal tanker karena pada kapal tanker kebanyakan menggunakan sistem yang lama atau sistem konvensional. Sistem baru yang dimaksud adalah penggunaan motor dc dan sistem pembangkit listrik *hybrid*. Sistem baru ini berfungsi untuk pengembangan teknologi pada kapal tanker agar terciptanya kondisi yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar yang dapat menyebabkan pemanasan *global*. Sistem baru juga sangat bermanfaat memaksimalkan panasnya sinar matahari yang ada di Indonesia karena sinar matahari pada sistem konvensional yang jarang digunakan. Jadi pada sistem baru ini potensi sinar matahari dapat dimaksimalkan dengan baik karena adanya sel surya yang terpasang di kapal tanker ini. Pada tugas akhir ini akan membahas tentang analisa tekno dan ekonomi pada penggunaan motor dc dan sistem pembangkit listrik *hybrid*. Analisa ini juga akan menghitung pada sistem propulsi konvensional, sistem propulsi elektrik, sistem pembangkit listrik. Perhitungan tersebut diantaranya biaya awal, biaya konsumsi bahan bakar, dan biaya operasional pada sistem konvensional dan sistem baru. Hasil analisa yang didapatkan pada penggunaan motor dc dan sistem pembangkit listrik *hybrid* akan mempengaruhi konsumsi penghematan bahan bakar. Hasil yang didapat pada penghematan konsumsi bahan bakar adalah 5 % per tahun. Analisa *break even point* pada penelitian ini menyatakan bahwa perpotongan antara sistem konvensional dan sistem baru dalam kondisi sama pada biaya Rp. 82.000.000.000 ditahun ke 6

Kata kunci : motor dc penguat terpisah, propulsi elektrik, *diesel generator*, panel surya, sistem *hybrid*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF USING SEPARATE EXCITED DC
MOTOR AS SHIP PRIME MOVER AND ELECTRICAL HYBRID POWER
SYSTEM (SOLAR CELL AND DIESEL GENERATOR) AT TANKER VESSEL
1700 DWT PLAN**

Name : Muhammad Adi Nugroho
NRP : 04211340000066
Department : Marine Engineering
Supervisors : Ir. A. A. Masroeri, M.Eng., D.Eng

ABSTRACT

The use of separate excited of dc motors as prime mover and hybrid systems (solar cells and diesel generators) is still rarely used in Indonesia, especially on tankers, because most tankers use old or conventional systems. The new system is using dc motor and hybrid power generation system. This new system used as technology development on tanker to create conditions where the fuel consumption can be reduced which can cause global warming. The new system is also very useful to maximize the heat of sun light in Indonesia, because it rarely used on conventional systems. So, in this new system, the potential of sun light can be maximized, because of the solar cells installed on this tanker. This final project will discuss about techno and economic analysis of using dc motor and hybrid power generation system. This analysis will also calculating the conventional propulsion systems, electrical propulsion systems, and power generation systems. The calculations include initial costs, fuel consumption costs, and operating costs on conventional systems and new systems. The results of analysis when using dc motor and hybrid power plant system will affect the savings of fuel consumption. The results obtained on the savings of fuel consumption is 5 % per year. The analysis of break even point in this study states that the intersection between conventional system and new system in the same condition at the cost of Rp. 82.000.000.000 in the 8th year.

Keywords : separately excited dc motors, electric propulsion, diesel generator, solar cell, hybrid system

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Tekno Ekonomi Penggunaan Motor DC Penguat Terpisah sebagai Penggerak Utama Kapal dan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* (Sel Surya dan *Diesel Generator*) pada Perencanaan Kapal Tanker 1700 DWT” ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Penulisan tugas akhir ini disusun agar memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini didasarkan kepada teori yang didapatkan dalam perkuliahan, studi literatur dan dosen pembimbing yang terus memberikan masukan serta pihak - pihak lain yang membantu. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Didik dan Ibu Chandra serta adik saya PB, yang telah bersedia mendengar keluh kesah, memberikan dukungan baik moril maupun materi, dan doa yang tulus ikhlas kepada penulis saat menghadapi kesulitan dalam pengerjaan Tugas Akhir, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng selaku dosen pembimbing, yang selalu mengarahkan, membimbing, dan memotivasi penulis dengan baik agar tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat waktu.
3. Adi Kurniawan, S.T., M.T. atas segala bantuannya baik dalam teori dan selalu memotivasi kepada penulis agar tugas akhir ini dapat selesai dengan tepat waktu.
4. Dr. Eng. M. Badruz Zaman, S.T., M.T. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan serta menjadi dosen wali yang telah banyak membimbing penulis selama perkuliahan.
5. Teman - teman mengerjakan tugas akhir dan satu bimbingan, Irma dan Ali yang selalu memotivasi dan berjuang bersama - sama.
6. Sahabat - sahabat gengs, Rizky, Ryan, Nabil, Edo, Yugo, Made, Fathiah, Mitha, Qiyah, Balqis, Mayang.
7. Sahabat dalam bermain, Candra, Yudha, Ilham, dan Ivan.
8. Teman - teman SMA, Alif, Auk, Made, Vivin, Icha, dan Chinta yang selama ini memotivasi agar tugas akhir cepat selesai.
9. Teman seperjuangan di ITS, Meindy, Bias, Tari yang selalu mendukung dari sejak SMA sampai di ITS agar berjuang bareng - bareng.
10. Semua penghuni - penghuni di laboratorium MEAS yang selalu membimbing jika ada kesulitan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
11. Semua teman-teman Barakuda 13 atas kerjasama dan dukungan selama ini. Teman-teman yang selalu menguatkan satu sama lain. Sukses buat kita semua.
12. Dan semua pihak yang selalu mendukung dan memotivasi agar penulis dapat menyelesaikan dengan tepat waktu yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi kelancaran dan perbaikan dalam pengerjaan tugas akhir kedepannya.

Akhir kata, penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT yang melimpahkan karuniaNya kepada kita semua. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Motor DC	5
2.1.1 Komponen Motor DC	5
2.1.2 Prinsip kerja Motor DC.....	7
2.1.3 Jenis Jenis Motor DC	8
2.2 Sel Surya	9
2.2.1 Jenis Sel Surya	9
2.2.2 Prinsip kerja sel surya	10
2.3 Propulsi Elektrik.....	11
2.3.1 Motor DC sebagai Penggerak Kapal.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Perumusan Masalah.....	15
3.2 Studi Literatur.....	15
3.3 Pengumpulan Data	15
3.4 Perencanaan Sistem Propulsi.....	15
3.5 Analisa Konfigurasi Perencanaan Sistem Propulsi	16
3.6 Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik	16

3.7	Analisis Ekonomi	16
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	16
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Data Kapal.....	19
4.2	Perencanaan Sistem Propulsi.....	22
4.2.1	Perhitungan Tahanan Kapal	22
4.2.2	Perhitungan Kebutuhan Daya Motor	27
4.3	Analisa Konfigurasi Perencanaan Sistem Propulsi	30
4.4	Perencanaan Sistem Propulsi Elektrik.....	36
4.5	Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik	37
4.6	Perencanaan Sistem Baterai	40
4.7	Kebutuhan Generator	41
4.8	Analisis Ekonomi	44
4.8.1	Perhitungan Biaya Investasi Awal pada Kapal yang menggunakan Sistem Konvensional.....	44
4.8.2	Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar pada Kapal yang menggunakan Sistem Konvensional	46
4.8.3	Perhitungan Biaya Operasional pada Kapal yang menggunakan Sistem Konvensional	47
4.8.4	Perhitungan Biaya Investasi Awal pada Kapal yang menggunakan Sistem Baru	47
4.8.5	Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar pada Kapal yang menggunakan Sistem Baru.....	49
4.8.6	Perhitungan Biaya Operasional pada Kapal yang menggunakan Sistem Baru.....	50
4.9	Analisa BEP	50
4.10	Analisis Penghematan Konsumsi Bahan Bakar	52
BAB V Kesimpulan dan Saran.....		53
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA		55
BIODATA PENULIS		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor DC.....	5
Gambar 2.2 Konstruksi stator motor	6
Gambar 2.3 Konstruksi rotor motor	6
Gambar 2.4 Konstruksi Komutator	7
Gambar 2.5 Rangkaian motor dc penguat terpisah	9
Gambar 2.6 Monokristal (Sidiq,2014).....	10
Gambar 2.7 Polikristal.....	10
Gambar 2.8 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semi konduktor.	11
Gambar 2.9 Sistem konvensional	13
Gambar 2.10 Sistem propulsi elektrik	14
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	17
Gambar 4.1 General Arrangement pada kapal MT. Bumi Etan	21
Gambar 4.2 LCB Standar	25
Gambar 4.3 Standar pada tahanan tambahan	26
Gambar 4.4 Grafik J-KT	32
Gambar 4.5 Kurva open water test	32
Gambar 4.6 Kurva J-KT B4-100	33
Gambar 4.7 Perpotongan kurva J-KT B4-100 dengan 10 KQ- η_o	34
Gambar 4.8 Grafik analisa konfigurasi perencanaan sistem propulsi motor DC	36
Gambar 4.9 Diagram blok pembangkit listrik <i>hybrid</i> surya.....	38
Gambar 4.10 Penempatan panel surya pada perencanaan kapal tanker 1700 DWT	38
Gambar 4.11 Panel surya yang digunakan	39
Gambar 4.12 Baterai.....	40
Gambar 4.13 Generator	43
Gambar 4.14 Grafik analisa BEP pada tahun ke-1 sampai tahun ke-5.....	51
Gambar 4.15 Grafik Analisa BEP pada tahun ke-6 sampai tahun ke-10	51
Gambar 4.16 Grafik penghematan konsumsi bahan bakar.....	52

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Interpolasi.....	24
Tabel 4.2 Wake friction.....	27
Tabel 4.3 Nilai KT clean hull dan KT rough hull	31
Tabel 4.4 Nilai KT, KQ, dan efisiensi dari kurva open water test	33
Tabel 4.5 Nilai KT propeller	34
Tabel 4.6 Performa clean hull	35
Tabel 4.7 Performa rough hull	35
Tabel 4.8 Persentase efisiensi.....	36
Tabel 4.9 Perhitungan daya panel surya yang digunakan	39
Tabel 4.10 Beban kelistrikan pada sistem konvensional.....	41
Tabel 4.11 Beban kelistrikan pada sistem baru	42
Tabel 4.12 Daftar biaya awal pada sistem konvensional.....	44
Tabel 4.13 Daftar kebutuhan bahan bakar pada sistem konvensional.....	46
Tabel 4.14 Daftar biaya awal pada sistem baru.....	47
Tabel 4.15 Total kebutuhan bahan bakar pada sistem <i>hybrid</i>	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini perkembangan teknologi semakin pesat, baik pada perindustrian besar maupun industri kecil. Pada industri perkapalan ini banyak yang menggunakan motor DC untuk menggerakkan kapal, biasanya digunakan pada kapal-kapal dengan kemampuan manuver yang tinggi, kapal khusus, kapal dengan daya tampung muatan yang besar, dan kapal yang menggunakan penggerak yang *non-reversible*.

Motor DC sangat banyak keuntungannya dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam bidang industri perkapalan. Motor DC memudahkan pekerjaan sehingga proses industri dapat berjalan efisien. Kecepatan motor DC mudah untuk dikendalikan. Semakin banyak industri yang berkembang, maka akan semakin banyak mesin yang digunakan. Semakin banyak mesin yang digunakan, maka semakin banyak penggunaan motor DC. Beberapa riset telah dilakukan untuk menghasilkan emisi gas buang kapal diantaranya adalah penggunaan sistem *hybrid* pada kapal. Salah satu sistem *hybrid* yang berpotensi untuk dikembangkan adalah kombinasi antara sel surya dengan *diesel generator*.

Dengan penggunaan sistem *hybrid* yang mengkombinasikan sel surya dan *diesel generator* diharapkan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar *diesel generator* sehingga emisi gas buang berkurang. Pemilihan sel surya dikarenakan melimpahnya sumber energi surya yang belum maksimal pemanfaatannya saat ini.

Berdasarkan letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia sebagai sumber energi listrik alternatif sangat perlu dimanfaatkan mengingat, total intensitas penyinaran rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga tergolong kaya sumber energi matahari. Oleh karena itu, pemanfaatan energi surya Indonesia perlu terus dikembangkan (Dhear, 2016).

Dalam hal ini pemakaian motor dc penguat terpisah sebagai *prime mover* kapal dan sistem *hybrid* (sel surya dan *diesel generator*) masih jarang dipakai di Indonesia khususnya pada kapal tanker karena pada kapal tanker kebanyakan memakai sistem yang lama atau sistem konvensional. Maka dari itu, perlu di analisa lebih lanjut lagi untuk sistem yang baru (motor dc penguat terpisah dan *hybrid*) agar kapal tanker yang ada di Indonesia bisa menggunakan sistem ini dengan baik dan dapat meminimalisir biaya investasi awal, biaya produksi dan biaya operasional dikapal tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, rumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan motor dc penguat terpisah sebagai penggerak utama kapal?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan motor dc penguat terpisah sebagai penggerak utama kapal dan manfaat adanya sistem pembangkit listrik *hybrid* pada kapal tanker?
3. Berapa biaya awal, biaya investasi dan biaya operasional pada kapal dengan sistem konvensional dan sistem baru?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian tugas akhir ini tidak menghitung tentang analisa stabilitas kapal pada sistem konvensional ke sistem baru.
2. Penelitian tugas akhir ini tidak membahas tentang performa komponen-komponen dalam sistem yang akan diganti dari sistem konvensional ke sistem baru.
3. Pada mesin utama dari sistem konvensional dan motor listrik dari sistem baru ini jika ditinjau dari segi daya dan kecepatannya diasumsikan besaran nilainya sama.
4. Tidak membahas tentang engine room layout.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan motor dc penguat terpisah sebagai penggerak utama kapal.
2. Menganalisa pengaruh penggunaan motor dc penguat terpisah sebagai penggerak utama kapal dan manfaat adanya sistem pembangkit listrik *hybrid* pada kapal tanker.
3. Menghitung biaya awal, biaya investasi dan biaya operasional pada kapal antara sistem konvensional dan sistem baru.

1.5 Manfaat

Manfaat yang akan didapatkan pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai studi awal penggunaan motor dc penguat terpisah dan sistem pembangkit listrik *hybrid* surya pada perancangan kapal tanker.
2. Memberi data perhitungan nilai keekonomian dari penggunaan motor dc penguat terpisah sebagai penggerak utama kapal dan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* surya pada perancangan kapal tanker.
3. Mengetahui pemanfaatan potensi sinar matahari pada perancangan kapal tanker yang akan beroperasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu.

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula.

Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.



Gambar 2.1 Motor DC
(Herlangga, 2012)

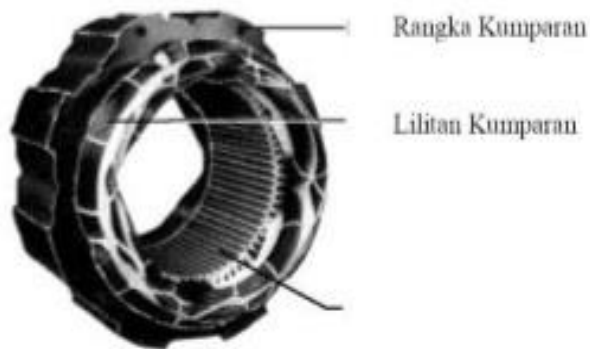
2.1.1 Komponen Motor DC

Pada Motor DC ini mempunyai kompone-komponen didalamnya. Komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Stator

Stator pada motor DC ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektromagnetik) ataupun magnet permanen. Bagian Stator terdiri dari *body* motor yang memiliki magnet melekat padanya.

Untuk motor kecil, magnet tersebut adalah magnet permanen. Fungsi dari stator adalah untuk menghasilkan medan magnet. Stator terdiri dari rumah dengan kutub magnet yang dibuat dari pelat-pelat yang dipejalkan dengan gulungan penguat magnet.

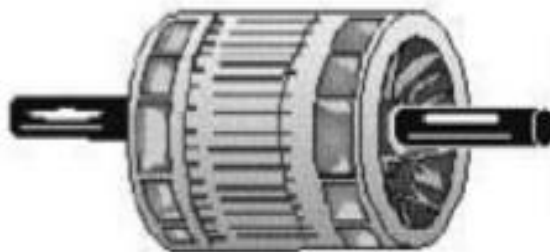


Gambar 2.2 Konstruksi stator motor
(Herlangga, 2012)

2. Rotor

Fungsi dari rotor adalah untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar. Rotor terdiri dari poros baja dimana tumpukan keping-keping inti yang berbentuk silinder dijepit. Pada inti terdapat alur alur dimana lilitan rotor diletakkan. Suatu kumparan motor akan berfungsi apabila mempunyai kumparan medan, kumparan tersebut berfungsi sebagai penghasil medan magnet.

Kumparan jangkar berfungsi sebagai penghasil medan magnet. Kumparan jangkar juga berfungsi sebagai pembangkit GGL pada konduktor yang terletak pada alur-alur jangkar. Celah udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.



Gambar 2.3 Konstruksi rotor motor
(Herlangga, 2012)

3. Komutator

Konstruksi dari komutator terdiri dari lamel-lamel, antar lamel dengan lamel lainnya di isolasi dengan mika. Fungsi komutator itu sendiri adalah untuk menyearahkan arus tegangan dari AC menjadi DC secara mekanis pada terminalnya untuk generator DC.

Sedangkan pada motor DC untuk menjalankannya memerlukan catu daya DC yang dikonversikan arus AC pada kumparan jangkarnya. Komutasi tersebut dilakukan oleh salah satu komponen mesin DC yang disebut komutator.



Gambar 2.4 Konstruksi Komutator
(Herlangga, 2012)

2.1.2 Prinsip kerja Motor DC

Motor DC menggunakan daya dengan tegangan DC (*Direct Current*) atau arus searah. Jadi putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga diubah.

Apabila motor di *supply* tegangan luar (V) maka pada motor akan mengalir arus listrik yang akan ke jangkar melalui komutator. Sehingga pada jangkar akan timbul torsi (T) yang besarnya berbanding lurus dengan besar arus listrik yang mengumpannya.

Komutator ini menyebabkan arah arus listrik menjadi tetap, dimana arah torsi adalah sama dengan arah dari arus tersebut. Karena perputaran jangkar ini berada dalam medan magnet konduktor jangkar dimana arus mengalir sehingga perputaran kopel tersebut memotong medan magnet, sehingga menimbulkan gaya listrik.

2.1.3 Jenis Jenis Motor DC

2.1.3.1 Self Excited

Motor jenis ini adalah motor yang arus penguat magnet diperoleh dari motor itu sendiri. Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar motor DC dengan penguat sendiri dapat dibedakan:

a. Motor *Shunt*

Motor ini dinamakan motor DC shunt karena cara pengkabelan motor ini yang paralel (*shunt*) dengan kumparan *armature*. Motor DC *shunt* berbeda dengan motor yang sejenis terutama pada gulungan kawat yang terkoneksi paralel dengan medan *armature*.

b. Motor Seri

Motor ini dipasang secara seri dengan kumparan *armature*. Motor ini, kurang stabil. Pada torsi yang tinggi kecepatannya menurun dan sebaliknya. Namun, pada saat tidak terdapat beban motor ini akan cenderung menghasilkan kecepatan yang sangat tinggi.

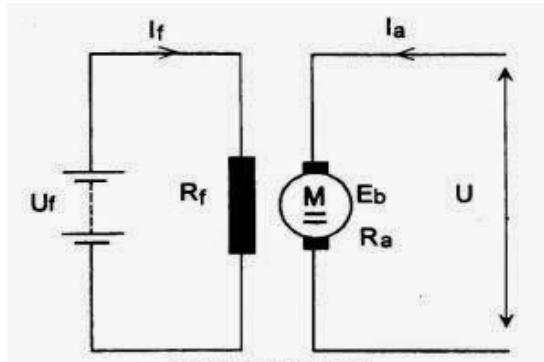
c. Motor Kompon

Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan *shunt*. Pada motor kompon, memiliki torsi penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torque penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini.

2.1.3.2 Separately Excited

Motor jenis ini, penguat magnetnya mendapat arus dari sumber tersendiri dan terpisah dengan sumber arus ke rotor. Sehingga arus yang diberikan untuk jangkar dengan arus yang diberikan untuk penguat magnet tidak terikat antara satu dengan lainnya secara kelistrikan.

Motor jenis ini juga mempunyai kumparan medan yang disuplai oleh sumber lain yang bebas dan tidak bergantung pada beban dan tidak bergantung pada beban atau tegangan *drop* didalam jangkar, kecepatan praktis tetap pada seluruh *range* beban.



Gambar 2.5 Rangkaian motor dc penguat terpisah
(Zuhal, 1988)

2.2 Sel Surya

Sel surya merupakan suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Yang dimaksud dengan Efek *Photovoltaic* adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya.

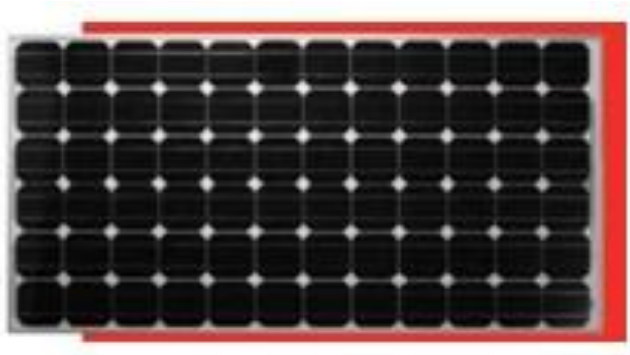
Sel surya merupakan sumber energi yang tidak akan pernah habis, selama matahari memancarkan sinarnya ke bumi. Diperkirakan bahwa sel surya akan menjadi sumber pembangkit listrik andalan di masa datang karena penggunaannya yang sangat praktis terutama untuk suplai energi di daerah-daerah terpencil yang sulit terjangkau oleh PLN. Selain itu, sumber energi ini ramah lingkungan karena dalam proses konversinya tidak menghasilkan polutan sama sekali.

Penelitian tentang sel surya di berbagai belahan dunia masih terus dilakukan hingga saat ini. Salah satu sistem peralatan yang sangat diperlukan dalam kegiatan riset terkait pengembangan sel surya adalah sistem pengukur karakteristik sel surya dan prosedur penentuan parameter-parameter karakteristik sel surya berdasarkan data-data hasil pengukuran yang didapatnya.

2.2.1 Jenis Sel Surya

a. Monokristal (*mono-crystalline*)

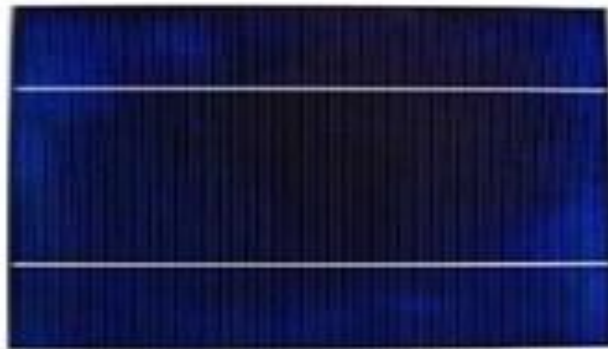
Panel jenis ini sangat efisien jika digunakan karena menghasilkan daya listrik yang paling besar dan mempunyai efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan panel monokristal adalah kurang berfungsi dengan baik saat cahaya matahari kurang (berawan) sehingga efisiensi yang dihasilkan akan turun.



Gambar 2.6 Monokristal
(Sidiq,2014)

b. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Pada jenis ini adalah jenis polikristal. Polikristal ini adalah panel surya yang mempunyai susunan kristal acak. Jenis ini sangat membutuhkan tempat yang sangat lebar daripada jenis panel surya yang lainnya (monokristal) dan menghasilkan daya listrik yang sama tapi pada saat mendung panel surya ini mampu menghasilkan listrik.

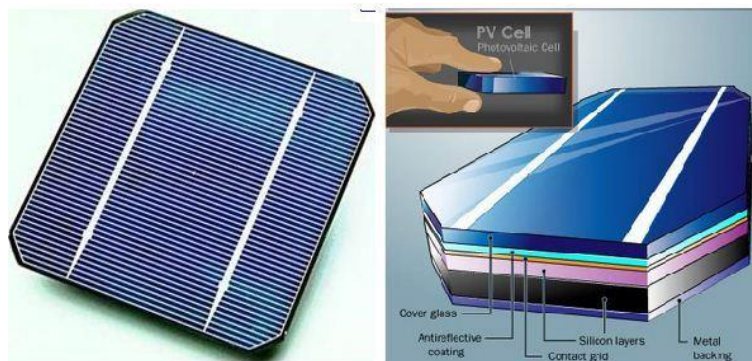


Gambar 2.7 Polikristal
(Sidiq,2014)

2.2.2 Prinsip kerja sel surya

Terbuat dari berbagai jenis bahan terutama material elektronik dimana bagian utamanya berupa bahan semikonduktor (misalnya silikon). Akibatnya, prinsip kerja sel surya pun berbagai macam, untuk sel surya generasi pertama dan kedua ada yang berbasiskan sambungan (*junction*). Sel surya yang paling sederhana prinsip kerjanya adalah yang berbasiskan sambungan p-n seperti pada sel surya silikon (kristalin).. Pada sel surya tersebut silikon yang membentuk sel surya terdiri dari dua tipe material, yaitu silikon tipe-p dan silikon tipe-n.

Cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang masuk ke dalam bahan semikonduktor tersebut dapat menimbulkan pair-generation yang menghasilkan muatan positif (*hole*) dan muatan negatif (elektron) pada suatu perangkat PV (fotovoltaik). Muatan positif menyebar pada lapisan-p dan elektron-elektron menyebar pada lapisan-n dan mengalir ke masing-masing elektroda (Sidiq,2014).



Gambar 2.8 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor.
(Sidiq,2014)

2.3 Propulsi Elektrik

Propulsi elektrik adalah sistem pada kapal yang menggunakan *generator set* sebagai mesin penggerak menggantikan posisi atau kinerja dari mesin utama, dimana dalam hal ini generator dihubungkan ke *switchboard* dan selanjutnya energi atau aliran listrik diteruskan ke *transformer*, kemudian dikonversi dengan menggunakan *converter* ke motor elektrik yang menggerakkan baling-baling kapal.

Berkaitan dengan perkembangan yang pesat dari penerapan teknologi elektronika dan komputer, penerapan dari sistem DC ke sistem AC, perkembangan kehandalan mesin, sistem elektronika, sehingga sekarang ini memungkinkan untuk memperlengkapi sebuah kapal dengan sistem elektrik dengan kapasitas tenaga yang tak terbatas berdasarkan konsep *power-station*.

Sistem propulsi motor listrik sendiri mempunyai banyak keuntungan utama dibandingkan sistem propulsi lain. Keuntungan sistem ini adalah investasi awal yang tidak terlalu besar, menghemat tempat, lebih ringan dan sedikit kehilangan power pada sistem transmisi dibandingkan dengan sistem propulsi tipe lain. Hubungan elektrik antara generator dan motor propulsi lebih leluasa dalam penempatan peralatan dalam ruangan jika dibandingkan dengan sistem propulsi yang lain.

Selain itu dapat menggunakan berbagai penggerak utama seperti diesel, turbin gas, turbin uap, dan hasil keluarannya dapat lebih mudah digabung dibandingkan dengan sistem mekanik. Untuk tipe penggerak mula tidak langsung, penggerak elektrik

mempunyai keuntungan dapat membalikkan putaran *propeller* dengan relatif lebih mudah kontrolnya.

Dalam beberapa kasus yang masih dalam tahap pengembangan, *power* yang dibutuhkan oleh *propeller* dengan menggunakan beberapa penggerak mula dengan tipe *medium speed* dan *high speed*, sistem penggerak elektrik mampu memecahkan persoalan ini tanpa menggunakan kopling mekanik.

Adapun kelemahan dari sistem propulsi elektrik yaitu dalam hal suara atau kebisingan kapal, memang tidak adanya ledakan atau pembakaran di dalam motor listrik, maka motor sistem propulsi tidak terlalu mengganggu dalam hal suara. Namun untuk propeler-propeler tertentu yang diputar dengan kecepatan dan rpm yang cukup tinggi, maka faktor suara tetap akan timbul akibat kecepatan putar daripada *propeller* atau baling-baling menghisap dan mendorong udara.

Selain itu, sistem propulsi elektrik efisien hanya pada daya maksimum, jika dibandingkan dengan mesin diesel. Membutuhkan perawatan yang ekstra, lebih besar dan lebih mahal, tidak cocok untuk aplikasi kecepatan tinggi dan tidak cocok untuk aplikasi berdaya besar.

2.3.1 Motor DC sebagai Penggerak Kapal

Penggunaan motor arus searah sebagai pengganti mesin penggerak utama adalah dirasa baik dan menguntungkan. Motor arus searah banyak memiliki beberapa kelebihan antara lain efisiensi tinggi, kemampuan beban lebih, tahan terhadap getaran atau guncangan, memiliki umur yang panjang, dan sistem pengaturan yang lebih mudah dibandingkan dengan motor arus bolak-balik sehingga suatu hal yang wajar jika motor arus searah sering digunakan.

Motor arus searah bekerja pada kecepatan yang relative konstan, untuk kecepatan berubah-ubah motor DC lebih banyak dipakai namun dengan berkembangnya teknologi semikonduktor dan bidang elektronika daya, pengaturan kecepatan motor DC akan sangat lebih mudah lagi dalam hal pengaturan dan efisiensi yang lebih tinggi dikarenakan pengurangan pemborosan daya lebih kecil dan pengaturan yang lebih halus.

Motor listrik DC yang digunakan sebagai tenaga penggerak utama, biasanya digunakan pada kapal-kapal dengan kemampuan manuver yang tinggi, kapal khusus, kapal dengan daya tampung muatan yang besar, dan kapal yang menggunakan penggerak mula *non-reversible*. Perkembangan *prime mover* untuk penggerak utama di kapal mengalami perkembangan yang sangat pesat sejak ditemukannya uap oleh J. Watt, mesin diesel oleh Rudolf Diesel serta turbin gas oleh Brayton.

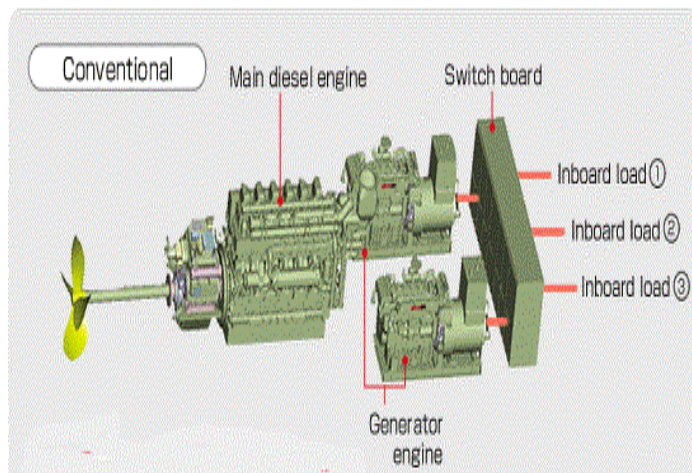
Pada tahun-tahun awal berbagai penemuan mengenai ketiga *prime mover* hanya berkisar pada penyempurnaan sistem kerja. Dan pada dewasa ini berbagai perkembangan menjurus pada penggunaan emisi gas buang. Pada mesin diesel pengaturan putaran dan pembalikan putaran sangat dimungkinkan.

Tetapi pada proses pembalikan putaran pada mesin diesel membutuhkan waktu yang relatif lebih lama jika ditinjau mulai dari putaran normal. Untuk turbin uap dan turbin gas pengaturan putaran mempunyai *range* yang sangat sempit dari

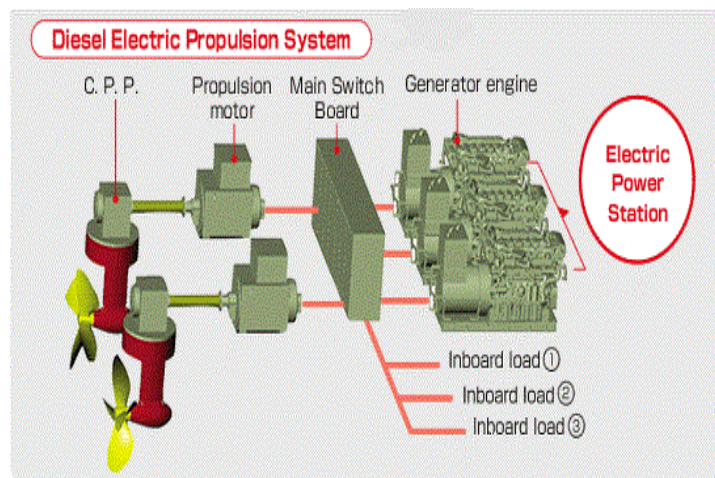
putaran normal. Dan untuk membalikkan putaran pada kedua jenis *prime mover* tersebut sangatlah tidak mungkin.

Berdasarkan pada fakta diatas maka para engineer mengembangkan sistem yang merupakan gabungan dari ketiga *prime mover* tersebut dengan motor listrik yang selanjutnya disebut dengan *Electric Propulsion*. Pada sistem *electric propulsion*, ketiga *prime mover* menggerakkan generator dan selanjutnya generator menyuplai listrik yang digunakan untuk memutar motor listrik.

Pada umumnya kapal yang mempunyai kegunaan khusus yang menggunakan motor DC dan untuk kapal niaga yang berorientasi *profit* pada umumnya menggunakan motor AC. Misalnya untuk kapal pemecah es (*ice breaker*) menggunakan motor DC dalam hal ini dikarenakan torsi yang diperlukan propeller sangat besar.



Gambar 2.9 Sistem konvensional
(Yogha,2015)



Gambar 2.10 Sistem propulsi elektrik
(Yogha,2015)

2.4 Distribusi power

Pada kapal yang menggunakan sistem *Diesel electric power station*, tenaga bantu dan pelayanan kapal adalah secara elektrik, karenanya jika sistem propulsi utama juga menggunakan sistem elektrik maka semua kebutuhan tenaga di kapal tersebut akan dapat dihasilkan oleh mesin yang sama. Dengan menggunakan beberapa buah *generator set* maka akan memungkinkan untuk menyediakan tenaga listrik secara berlanjut dan teratur. Hal ini juga didukung dengan penggunaan sistem kontrol produksi listrik untuk mengoptimisasi *output* dari masing-masing generator listrik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini akan memberikan kemudahan bagi perancang untuk mendesain objek yang akan diselesaikan. Berikut ini skematis dari metodologi pendesainan yang akan dilakukan:

3.1 Perumusan Masalah

Tahapan yang pertama dilakukan adalah merumuskan masalah yang ada untuk kemudian akan dicari solusi dan penyelesaiannya pada pengerjaan tugas akhir ini.

Cara untuk merumuskan masalah pada pengerjaan tugas akhir ini adalah mengetahui komponen-komponen pada sistem konvensional jika diganti dengan sistem baru, manfaat pada sistem baru (propulsi elektrik), mengetahui kebutuhan daya listrik saat sistem konvensional dan sistem baru, mengetahui biaya awal, biaya produksi dan biaya operasional.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur disini untuk mencari referensi yang bersumber dari data yang diberikan oleh dosen, paper, tugas akhir, buku-buku, e-book, maupun referensi-referensi lain yang dapat mendukung penelitian ini secara teori. Studi literatur meliputi:

- a. Motor DC Penguat Terpisah
- b. Sel Surya
- c. Propulsi Elektrik
- d. *Hybrid* Surya

3.3 Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data ini banyak hal yang diperlukan untuk mendapatkan data melalui berbagai cara, antara lain sebagai berikut:

- a. Data Primer

Data ini merupakan data yang didapatkan dengan cara langsung dari sumber tanpa perantara. Data ini berupa data kapal tanker dari desain yang mempunyai spesifikasi kapal (mesin, *gearbox*, *propeller*, dll).

- b. Data Sekunder

Data ini merupakan data yang didapatkan dengan cara perantara orang lain. Data ini berupa kumpulan dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Data ini berkaitan dengan sistem propulsi elektrik.

3.4 Perencanaan Sistem Propulsi

Dalam merencanakan sistem propulsi ini akan dilakukan pemilihan motor dc penguat terpisah untuk penggerak utama kapal. Pemilihan jenis motor yang digunakan harus dengan spesifikasinya seperti daya yang dibutuhkan, pemilihan gearbox dan komponen penunjang.

3.5 Analisa Konfigurasi Perencanaan Sistem Propulsi

Pada tahap ini akan mencocokkan antara *propeller* dengan motor yang digunakan. Proses mencocokkan ini bertujuan agar propeller dan motor akan berjalan sesuai dengan yang dimaksud dan kapal bisa beroperasi dengan lancar.

3.6 Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik

Dalam merencanakan sistem ini akan dilakukan perencanaan sistem *hybrid* (sel surya dan *diesel generator*) yang dibutuhkan untuk menyuplai kebutuhan listrik pada kapal, yang meliputi:

- a. Propulsi Motor DC
- b. Daya kebutuhan listrik
- c. Daya tiap panel surya
- d. Daya Generator
- e. Konsumsi bahan bakar

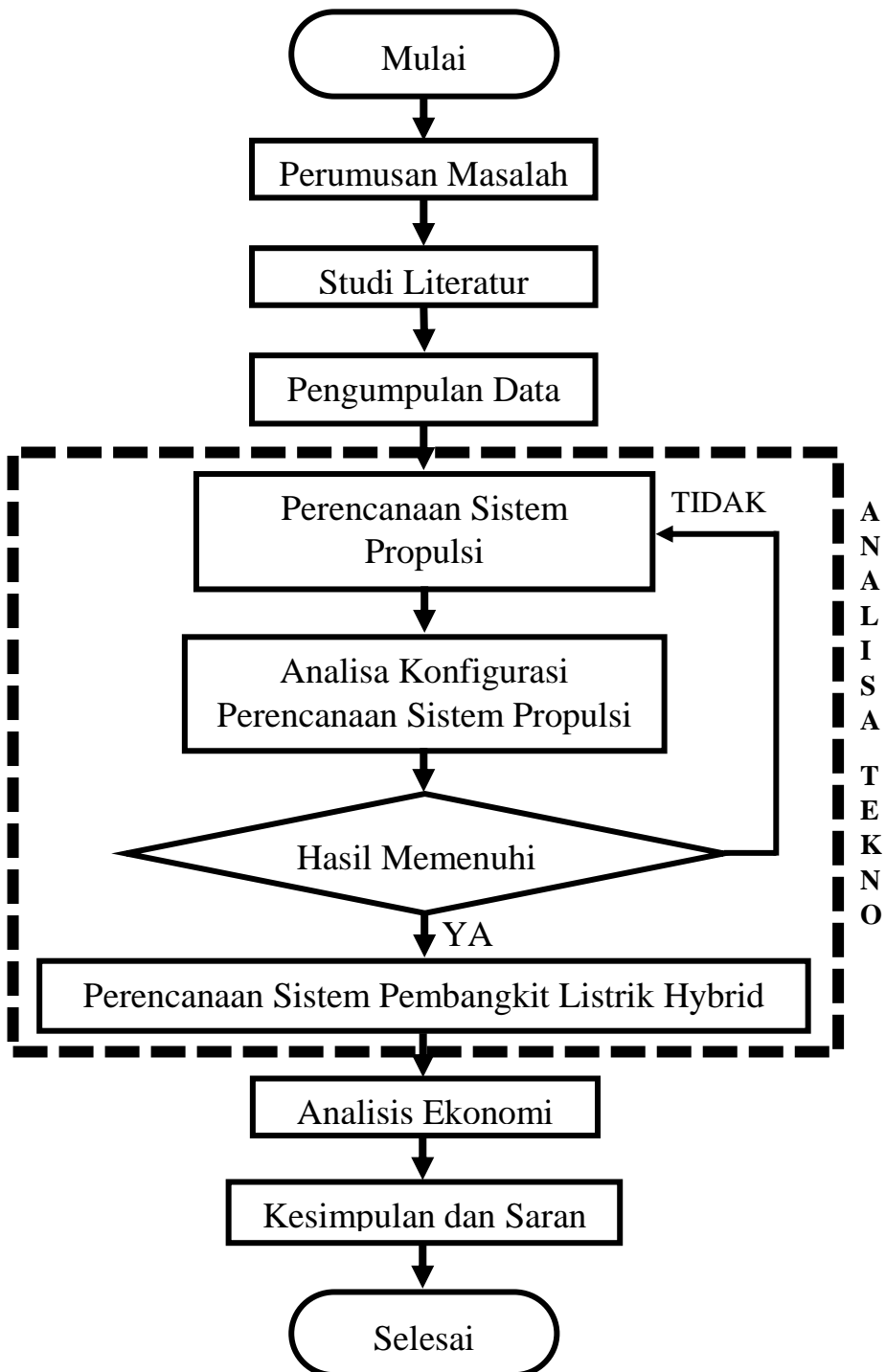
3.7 Analisis Ekonomi

Setelah melakukan perencanaan sistem pembangkit listrik selanjutnya adalah menganalisis dan membahas peralatan yang diganti jika sistem konvensional menjadi sistem yang baru, biaya awal, produksi dan operasional pada sistem konvensional dan baru, dan pengaruh penggunaan motor dc penguat terpisah dan sistem *hybrid* sel surya pada kapal tanker jika ditinjau dari segi keekonomiannya.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan analisis ekonomi pada penggunaan motor dc penguat terpisah dan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (sel surya dan *diesel generator*) pada kapal tanker, selanjutnya adalah menarik kesimpulan dan saran bagi penelitian yang telah dikerjakan.

DIAGRAM ALIR



Gambar 3.1 Diagram Alir

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kapal

Objek yang akan dibahas pada pengerjaan tugas akhir ini adalah KM. Bumi Etan. Kapal ini berjenis tanker dan memiliki 1700 DWT. Data kapal ini diambil dari desain sebelumnya dengan spesifikasi umumnya sebagai berikut:

Data Kapal yang digunakan

Jenis kapal	: Tanker
Lpp	: 66 m
Lwl	: 67,98 m
B	: 12 m
T	: 4,3 m
H	: 4,9 m
Vs	: 11 knot = (5,6589 m/s)
Cm	: 0,9827
Cb	: 0,6889
Cp	: 0,7001
Am	: 50,71
Vdisp	: 2372,47

Data Mesin Utama yang digunakan

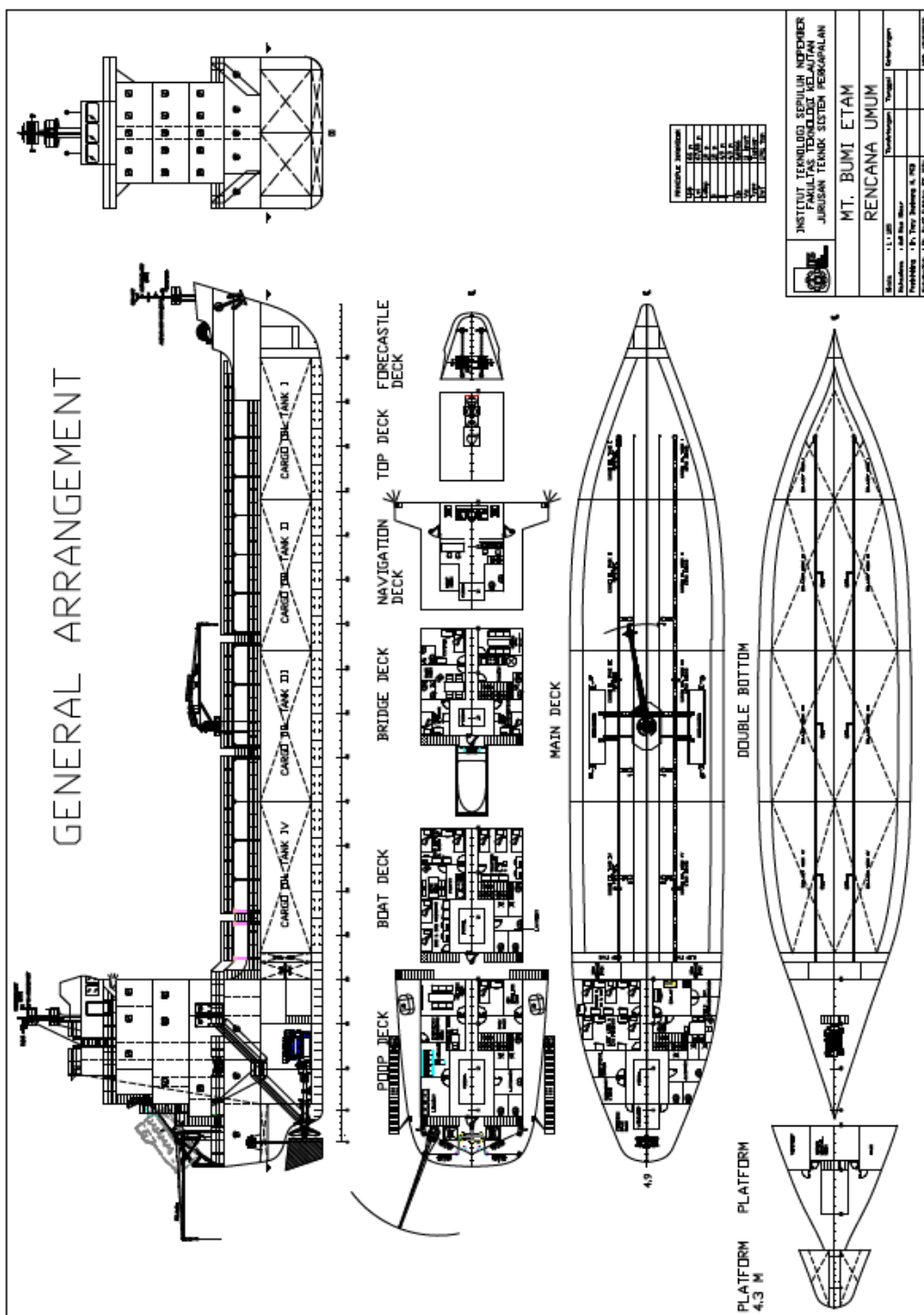
Merek	: Wärtsilä
Tipe	: Wärtsilä 4L20
Daya	: 800 kW
Putaran	: 1000 rpm
Berat	: 7,2 ton
Bahan Bakar	: MDO
SFOC	: 197 g/kWh
Dimensi	:1. Panjang : 2510 mm
	2. Lebar : 1483 mm
	3. Tinggi : 2073 mm

Data Propeler yang digunakan

Tipe	: B4-100
D _B	: 2,356 m
P/D _B	: 0,87
η _b	: 0,53
n	: 224,22 RPM

Data Generator yang digunakan

Merek	: Caterpillar
Tipe	: 4,4
Daya	: 86 kW
Putaran	: 1500 rpm
Frekuensi	: 50 Hz
Jumlah	: 3 buah



Gambar 4.1 General Arrangement pada kapal MT. Bumi Etan

4.2 Perencanaan Sistem Propulsi

Pada perencanaan sistem propulsi ini harus memilih motor listrik terlebih dahulu. Motor listrik yang digunakan adalah motor dc. Pada motor dc ini akan menjadi sistem baru yang akan menggantikan kerja dari mesin utama dari sistem konvensional sebagai penggerak utama kapal. Motor dc ini dipakai untuk sistem baru berdasarkan perhitungan daya pada kapal yang akan dipakai dari desain kapal tanker melalui perhitungan tahanan kapal sampai dengan hasil dari perhitungan analisa konfigurasi perencanaan sistem propulsi.

Dari perhitungan analisa konfigurasi perencanaan sistem propulsi tadi selanjutnya memilih motor listrik yang akan digunakan. Lalu menentukan gearbox agar dapat memperlambat putaran motor listrik supaya putarannya tidak terlalu cepat.

4.2.1 Perhitungan Tahanan Kapal

Tahanan (*resistance*) kapal adalah suatu gaya yang diakibatkan oleh fluida yang berlawanan arah dengan gerak kapal. Pada kesempatan ini perhitungan tahanan menggunakan metode Harvald dalam perhitungannya. Hasil tahanan akhir atau tahanan total pada suatu kapal merupakan kalkulasi gabungan dari beberapa tahanan yang terdiri dari :

- a. Tahanan gesek (*friction resistance*)
- b. Tahanan sisa (*residuary resistance*)
- c. Tahanan tambahan
- d. Tahanan udara dan kemudi

Sebelum menghitung tahanan kapal kita harus menentukan dahulu besarnya luas permukaan basah (*wetted surface area*), *Froude Number*, dan *Reynold Number* dari kapal yang kita rancang. Selanjutnya harus menghitung koefisien di tiap-tiap tahanan kapal. Perhitungan tahanan yang akan dilakukan melalui proses pembacaan diagram dan tabel. Rumus perhitungan, diagram, dan tabel yang digunakan bersumber dari buku Tahanan dan Propulsi Kapal (Sv. Harvald). Berikut adalah tahapan perhitungannya :

1. Luas Permukaan Basah

Luas permukaan basah adalah luas permukaan badan kapal yang tercelup di dalam air. Dimana rumusnya adalah :

$$\begin{aligned}
 S &= 1,025 \times Lpp(Cb B + 1,7T) \\
 &= 1,025 \times 66 \times (0,6966 \times 12 + 1,7 \times 4.3) \\
 &= 1060,021 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. *Froude Number*

Froude number ini berhubungan dengan kecepatan kapal. Semakin besar angka *froude number* maka semakin cepat kecepatan kapal tersebut.

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \times Lwl}} = \frac{5,6589}{\sqrt{9,81 \times 67,98}} = 0,2192$$

V = Kecepatan dinas kapal (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

3. *Reynold Number*

Nilai *reynold number* akan digunakan pada saat pencarian tahanan gesek.

Rumus untuk mencari Rn :

$$Rn = \frac{Vs \times Lwl}{\nu k} = \frac{5,6589 \times 67,98}{1,18831 \times 10^{-6}} = 3,2373 \times 10^8$$

Vk = Koefisien viskositas kinematik

4. Tahanan Gesek (*Friction Resistance*)

Tahanan gesek adalah tahanan yang disebabkan karena gesekan dari semua fluida yang mempunyai viskositas dan karena adanya viskositas maka akan menimbulkan gesekan dengan permukaan kapal.

Ada 2 cara untuk mencari tahanan gesek, yaitu dengan menghitung sesuai rumus (Harvald, 1992 : 129). Dengan cara yang kedua kita hanya tinggal mempertemukan nilai kecepatan kapal dan panjang dari kapal kita tapi apabila kita menggunakan cara yang kedua hasil yang didapat tidak begitu presisi. Berikut adalah rumusan untuk mencari tahanan gesek :

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2} = \frac{0,075}{(\log_{10} 3,2373 \times 10^8 - 2)^2} = 1,7696 \times 10^{-3}$$

$$10^3 C_F = 1,7696$$

5. Tahanan Sisa

Tahanan sisa (C_R) dapat ditentukan dari diagram Guldhammer-Harvald (Harvald, 1992 : 118-126). Langkah awal dalam menentukan koefisien tahanan sisa, kita diharuskan mencari nilai dari $\frac{Lwl}{\sqrt[3]{1}}$ dan nilai dari koefisien prismatik (ϕ) dari kapal yang kita desain. Setelah mendapatkan kedua nilai tersebut kita bisa mencari nilai koefisien tahanan sisa kapal pada diagram.

$$\frac{Lwl}{\nabla^{1/3}} = \frac{67,98}{2416,5014^{1/3}} = 5,066$$

Selanjutnya dilakukan interpolasi dengan data yang diambil dari diagram guldhammer 5,0 dan 5,5.

Tabel 4.1 Interpolasi

LWL / $\nabla^{(1/3)}$	$10^3 C_f$
5	1,2
5,066	1,174
5,5	1

Setelah didapatkannya koefisien tahanan sisa kita masih harus melakukan koreksi, karena kapal pada umumnya berbeda dengan standar yang telah ditentukan. Berikut ini adalah koreksi yang harus dilakukan :

$$\frac{(10^3 C_{R(5,0658)} - 1,2)}{(1 - 1,2)} = \frac{(5,066 - 5,0)}{(5,5 - 5,0)}$$

$$10^3 C_{R(5,0658)} = 1,1737$$

6. Koreksi B/T

Diagram tersebut dibuat hanya untuk kapal yang mempunyai rasio lebar dan sarat “B/T = 2,5” (Harvald, 1992 : 119), maka untuk kapal yang mempunyai nilai lebih besar atau lebih kecil dari 2,5 harus dilakukan pengkoreksian. Dalam buku acuan Tahanan dan Propulsi Kapal, rumus koreksi sebagai berikut :

$$\frac{B}{T} = \frac{12}{4,3} = 2,791$$

Diketahui perbandingan lebar dan sarat tidak tepat 2,5 sehingga dilakukan koreksi

$$\begin{aligned} \frac{B}{T} &= 0,16 \times \left(\frac{B}{T} - 2,5 \right) \\ &= 0,16 \times \left(\frac{12}{4,3} - 2,5 \right) \\ &= 0,0465 \\ 10^3 C_R &= 10^3 C_{R\left(\frac{B}{T}=2,5\right)} + 0,16 \left(\frac{B}{T} - 2,5 \right) \\ &= 1,1737 + 0,16(0,2907) \\ &= 1,1737 + 0,0465 \\ &= 1,220 \end{aligned}$$

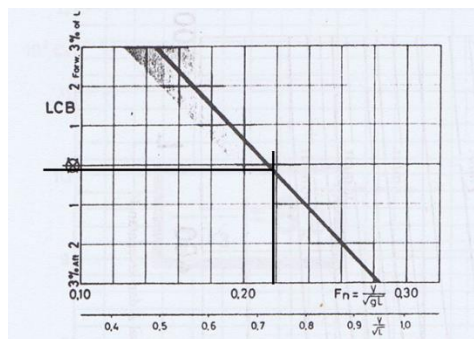
7. Koreksi LCB

Letak LCB yang optimum akan menentukan kapal yang didesain mempunyai tahanan sekecil mungkin. Namun penentuan letak LCB yang optimum merupakan kuantitas yang masih meragukan dan banyak sumber yang memberikan pendapat yang berbeda.

Sebagai upaya untuk mengatasi kerancuan tersebut, maka semua informasi yang ada dikumpulkan dan diringkas pada $LCB_{standar}$ yang didefinisikan sebagai fungsi linier dari *fraude number* (F_n).

Pengkoreksian penyimpangan LCB ini hanya berlaku untuk LCB yang mempunyai letak berada di depan $LCB_{standar}$. Karena letak LCB kapal yang saya desain berada dibelakang $LCB_{standar}$ maka pengkoreksian dapat diabaikan karena hal tersebut tidak akan memberikan kesalahan yang berarti (Harvald,1992 :130).

$$\begin{aligned} \text{Koreksi } LCB &= (-0.3988)/66 \\ &= -0.006 \\ &= -0.6\% \end{aligned}$$



Gambar 4.2 LCB Standar

Pada gambar 4.2 adalah grafik untuk mencari LCB Standar, yang didapat nilai lcb standar sebesar:

$$LCB_{standar} = -0.22 \%$$

8. Tahanan Tambahan

Pemberian koreksi pada tahanan tambahan (C_{FS}) untuk kapal merupakan cara yang umum dilakukan dalam praktek dan sudah lama diterapkan akibat adanya kekasaran pada permukaan kapal meskipun kapal itu masih baru (Harvald,1992 : 132).

L	$\leq 100 \text{ m}$	$10^3 C_A = 0,4$
	$= 150 \text{ m}$	$= 0,2$
	$= 200 \text{ m}$	$= 0$
	$= 250 \text{ m}$	$= -0,2$
	$\geq 300 \text{ m}$	$= -0,3$

Gambar 4.3 Standar pada tahanan tambahan

Pada gambar 4.3 telah ditetapkan tahanan tambahannya. Standar tahanan tambahan yang digunakan adalah

$$10^3 C_A = 0,40$$

9. Tahanan Udara dan Tahanan Kemudi

Tahanan udara dapat ditentukan dengan memakai data mengenai struktur yang berada di atas air dan data udara. Namun demikian besarnya tahanan udara umumnya tidak begitu penting dan dapat diabaikan. Tapi disini ditentukan besarnya tahanan udara dan tahanan kemudi adalah sebagai berikut :

$$10^3 C_{AA} = 0,07$$

$$10^3 C_{AS} = 0,04$$

C_{AA} = Tahanan Udara

C_{AS} = Tahanan Kemudi

10. Koefisien Tahanan Total

Koefisien tahanan total kapal (C_T) dapat ditentukan dengan menjumlahkan seluruh koefisien tahanan kapal yang ada :

$$\begin{aligned}
 10^3 C_T &= 10^3 C_F + 10^3 C_R + 10^3 C_A + 10^3 C_{AA} + 10^3 C_{AS} \\
 &= 1,7696 + 1,2202 + 0,4 + 0,07 + 0,04 \\
 &= 3,437
 \end{aligned}$$

11. Tahanan Total

$$\begin{aligned}
 R_T &= C_T \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \\
 &= (3,437 \times 10^{-3}) \times \frac{1}{2} \times 1025,87 \times 5,6589^2 \times 1060,021 \\
 &= 59669,146 \text{ N}
 \end{aligned}$$

12. Tahanan Total Dinas

Dalam hal ini tahanan total masih dalam pelayaran percobaan, untuk kondisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan *sea margin* tambahan pada tahanan dan daya efektif. *Sea margin* atau *service margin* yang diberikan

untuk pelayaran ini sekitar 10%-20%. Dan *sea margin* yang dipilih adalah 15 %

$$\begin{aligned} R_{T \text{ SERVICE}} &= R_T + 15\% R_T \\ &= 59669,146 + (15\% \times 59669,146) \\ &= 68619,518 \text{ N} \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Daya Motor

Secara umum kapal yang bergerak di air dengan kecepatan tertentu maka akan mengalami tahanan (*resistance*) yang gayanya berlawanan dengan arah gerak kapal. Besarnya gaya tersebut harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan oleh kerja dari alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (*Delivered Power*) ke *propulsor* berasal dari daya poros (*Shaft Power*), sedangkan daya power itu sendiri berasal dari daya rem (*Brake Power*) yang merupakan daya keluaran dari motor penggerak kapal.

Untuk menghitung besarnya daya motor induk kapal, yang perlu kita perhitungkan adalah sebagai berikut :

1. Daya Efektif Kapal (*Effective Horse Power*)

Daya efektif kapal ini adalah daya yang dibutuhkan kapal untuk bergerak pada keadaan diatas air. Perhitungan daya efektif kapal (EHP) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= VS \times RT \\ &= 5,654 \times 68,817 \\ &= 389,089 \text{ kW} \end{aligned}$$

2. *Wake Friction*

Wake friction adalah perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke *propeller*.

Untuk menghitung *wake friction* ini harus memakai tabee yang telah ada dan dibuat oleh Taylor. Dari tabel Taylor tersebut didapatkan nilai *wake friction* adalah 0,293. Untuk mengetahui nilai *wake friction* dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 *Wake friction*

Cb	W
0.65	0.26
0.69	
0.7	0.293

Selanjutnya perhitungan tabel pada 4.2 harus di interpolasi terlebih dahulu agar *wake friction* bisa ditemukan hasilnya. Interpolasi tersebut dapat dilihat pada perhitungan berikutnya.

$$\begin{aligned}
 \frac{(2b - 1b)}{(3b - 1b)} &= \frac{(2a - 1a)}{(3a - 1a)} \\
 2b &= 1b + \frac{(2a - 1a)}{(3a - 1a)}(3b - 1b) \\
 &= 0,260 + \frac{(0,69 - 0,65)}{(0,70 - 0,65)}(0,293 - 0,260) \\
 &= 0,2864
 \end{aligned}$$

3. *Thrust Deduction*

Thrust deduction adalah perbandingan antara *thrust* yang dibutuhkan kapal dengan *resistance* kapal. Dengan menggunakan diagram pada buku Halvard halaman 166. Untuk nilai k yang ada pada rumus itu diantara 0,7 – 0,9 dan nilai k yang dipilih adalah 0,7. Jadi nilai *thrust deduction* didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned}
 t &= k \times w \\
 &= 0,7 \times 0,2864 \\
 &= 0,2005
 \end{aligned}$$

4. Efisiensi Lambung

$$\begin{aligned}
 \eta_H &= \frac{1 - t}{1 - w} \\
 &= \frac{1 - 0,2005}{1 - 0,2869} \\
 &= 1,120
 \end{aligned}$$

5. Menghitung Nilai Efisiensi *Relative Rotative* dan Efisiensi *Propeller*

Untuk mengetahui nilai efisiensi relatif rotatif pada kapal tanker ini harus diketahui terlebih dahulu *propeller* jenis yang dipakai. *Propeller* yang digunakan pada kapal ini berjenis *single screw*. Nilai efisiensi relatif rotatifnya antara 1,02 sampai 1,1 (*Principal of Naval Architecture* halaman 152) dan diambil nilai efisiensi relatif rotatifnya sebesar 1,03.

Selanjutnya untuk mengetahui efisiensi *propeller* dicari dengan menggunakan efisiensi yang ada di *propeller* dan tempatnya ada dibagian buritan kapal. Nilai efisiensi propeler antara 40%-70%, dan diambil nilai sebesar 55%.

6. *Propulsive Coefficient*

Untuk mengetahui nilai *propulsive coefficient* harus diketahui terlebih dahulu nilai-nilai yang diperlukan. Dan nilai tersebut adalah koefisien efisiensi propulsi (η_o). Nilai koefisien tersebut antara 40-70%. Dan nilai yang dipakai adalah 0,55. Rumus untuk mencari *propulsive coefficient* adalah:

$$\begin{aligned}
 PC &= \eta_o \times \eta_H \times \eta_R \\
 &= 0,55 \times 1,120 \times 1,03 \\
 &= 0,6347
 \end{aligned}$$

7. DHP (*Delivery Horse Power*)

DHP adalah daya yang diterima *propeller* dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke *propeller* untuk diubah menjadi gaya dorong (*thrust*).

$$\begin{aligned} DHP &= \frac{EHP}{PC} \\ &= \frac{389,089}{0,6347} \\ &= 613,020 \text{ kW} \end{aligned}$$

8. SHP (*Shaft Horse Power*)

$$\begin{aligned} SHP &= \frac{DHP}{\eta_s} \\ &= \frac{613,020}{0,98} \\ &= 625,530 \text{ kW} \end{aligned}$$

9. Perhitungan BHP_{scr}

Adanya pengaruh efisiensi roda sistem gigi transmisi (η_G), karena memakai sistem roda gigi reduksi tunggal atau *single reduction gears* dengan *loss* 2% untuk arah maju. Jadi untuk menggunakan η_G adalah 98 %.

$$\begin{aligned} BHP_{SCR} &= \frac{SHP}{\eta_G} \\ &= \frac{625,530}{0,98} \\ &= 638,296 \text{ kW} \end{aligned}$$

10. Perhitungan BHP_{MCR}

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya daya BHP_{scr} adalahh 85% dari BHP_{mcr} (kondisi maksimum).

Daya BHP_{SCR} memiliki kisaran antara 80% – 85%. Lalu yang dipakai pada perhitungan adalah daya yang 85%.

$$\begin{aligned} BHP_{MCR} &= \frac{BHP_{SCR}}{0,85} \\ &= \frac{638,296}{0,85} \\ &= 750,937 \text{ kW (1007.0229 HP)} \end{aligned}$$

Setelah diketahui BHP_{MCR} maka dapat ditentukan jenis motor listrik yang akan kita pilih sesuai kapal yang dirancang. Lalu dari data perhitungan yang sudah dihitung tadi, kita dapat memilih karakteristik motor dc untuk kapal ini. Dan untuk membantu dari motor listrik harus memakai gearbox untuk putarannya. Karakteristik pada motor dc dan gearbox yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

Karakteristik Motor Listrik

Merek	: Sicmemotori
Tipe	: NP500KM series 500-800
Daya	: 797 kW
Tegangan	: 380 volt
Frekuensi	: 50 Hz
Putaran	: 1000 rpm

Karakteristik Gearbox

Merek	: ZF
Tipe	: 43100 NR
Daya	: 5012 kW
Rasio	: 3,909
Putaran	: 1000 rpm

4.3 Analisa Konfigurasi Perencanaan Sistem Propulsi

Analisa konfigurasi perencanaan sistem propulsi adalah proses dimana dilakukannya pengecekan kecocokan antara motor listrik dan baling-baling yang telah kita pilih sebelumnya. Analisa konfigurasi ini harus dilakukan pada saat perancangan *propeller* karena apabila motor listrik dan baling-baling tidak cocok maka kerja yang dihasilkan oleh *propeller* tidak bisa maksimal. Pengecekan antara kerja motor listrik dan *propeller* ini bertujuan untuk mencapai kesesuaian titik operasi yang dibutuhkan baling-baling (*propeller*).

Untuk melakukan pengecekan banyak komponen yang harus diperhatikan, misalnya putaran baling-baling, diameter baling-baling, tahanan total dan *speed of advance*. Data perhitungan untuk Analisa ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung Nilai K_T dari *Hull* Kapal
Cara untuk menghitung nilai K_T dari *hull* kapal, pertama-tama harus dihitung terlebih dahulu nilai β menggunakan rumus:

$$\beta = \frac{R_T}{V_s^2(1-t)(1-w)^2 D^2 \times \rho}$$

$$K_T = \beta \times J^2$$

Setelah dicari nilai β maka nilai K_T dapat diketahui. Lalu nilai K_T tersebut akan diketahui pada tiap-tiap kondisi *clean hull* dan *rought hull*.

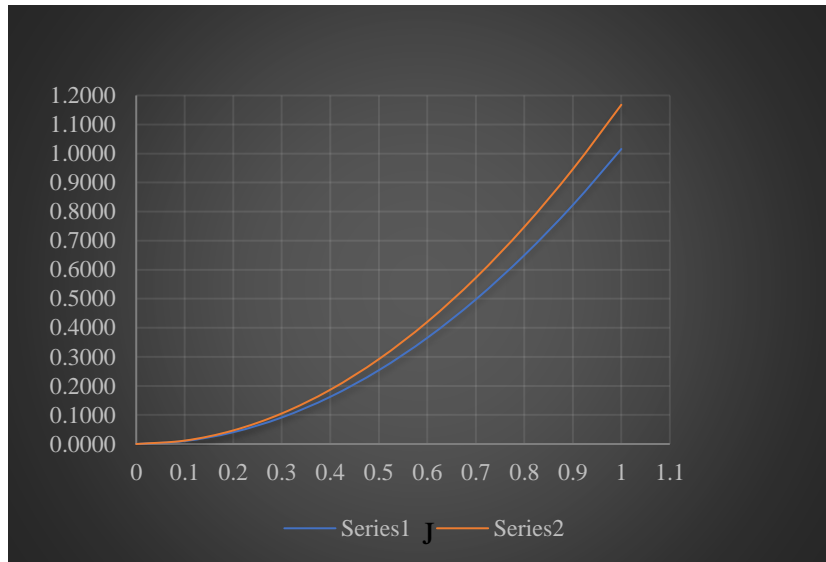
$$\beta_{\text{clean hull}} = 1866,54$$

$$\beta_{\text{rought hull}} = 2146,53$$

Tabel 4.3 Nilai K_T *clean hull* dan K_T *rought hull*

J	J ²	K_T clean hull	K_T rought hull
0	0,000	0,0000	0,0000
0,1	0,010	0,0102	0,0117
0,2	0,040	0,0406	0,0467
0,3	0,090	0,0914	0,1051
0,4	0,160	0,1625	0,1869
0,5	0,250	0,2539	0,2920
0,6	0,360	0,3656	0,4205
0,7	0,490	0,4976	0,5723
0,8	0,640	0,6500	0,7475
0,9	0,810	0,8226	0,9460
1	1,000	1,0156	1,1679

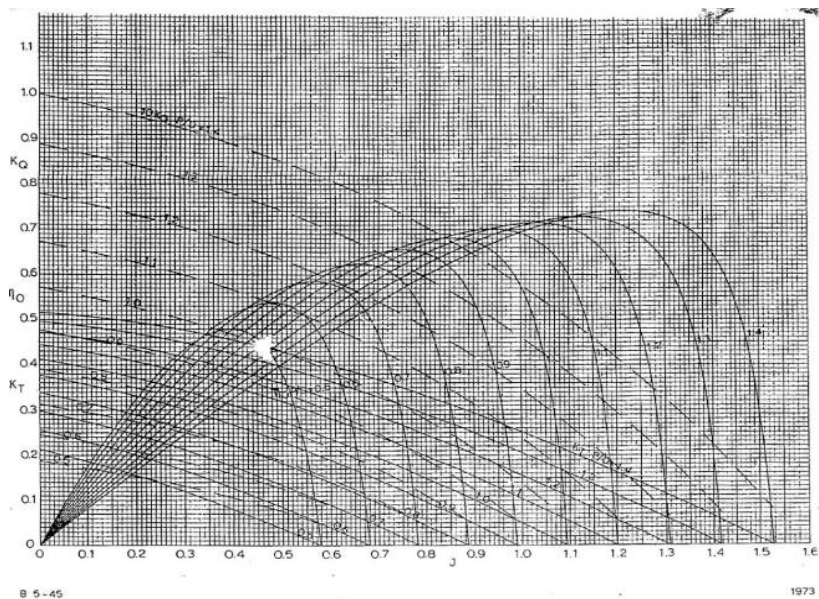
Setelah diketahui nilai pada *clean hull* dan *rought hull* pada tabel 4.3. Selanjutnya dari nilai tersebut dapat dihubungkan melalui grafik antara hubungan J dengan masing-masing K_T .



Gambar 4.4 Grafik J-KT

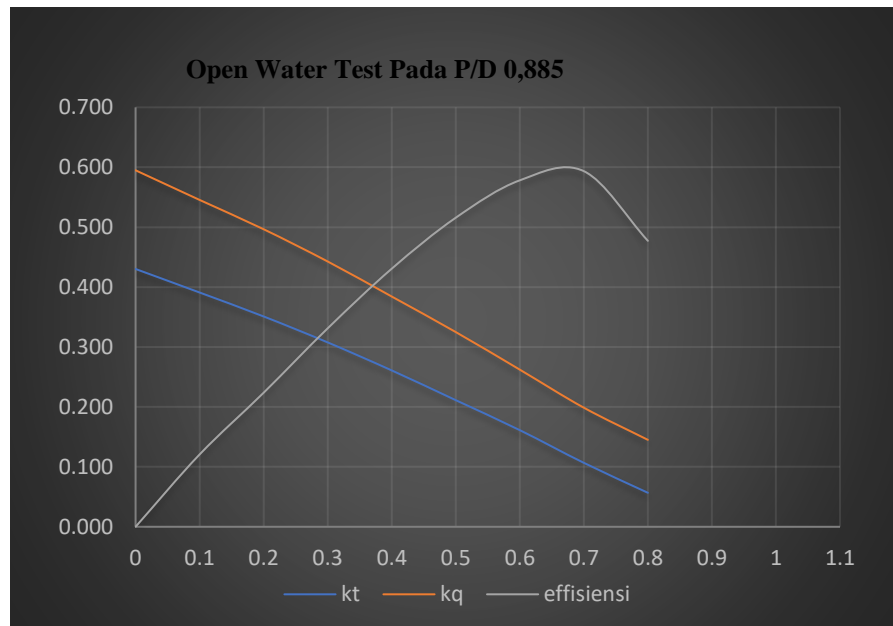
2. Menghitung nilai K_T *propeller*

Untuk mencari nilai K_T *propeller* digunakan P/DB dari *propeller* yang sebelumnya dipilih yaitu 0,885 kemudian diplotkan pada kurva *open water test* sehingga didapatkan data nilai K_T , K_Q , J dan η .



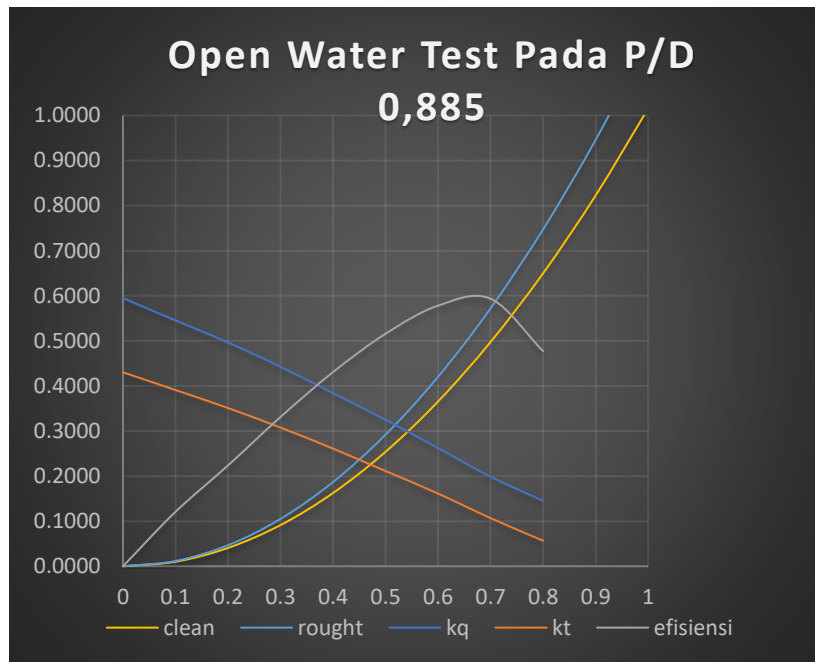
Tabel 4.4 Nilai KT, KQ, dan efisiensi dari kurva *open water test*

P/Db	0,885		
J	KT	10 KQ	η
0	0,430	0,595	0,000
0,1	0,391	0,546	0,121
0,2	0,351	0,497	0,224
0,3	0,308	0,443	0,331
0,4	0,261	0,384	0,431
0,5	0,211	0,325	0,516
0,6	0,161	0,262	0,578
0,7	0,107	0,199	0,594
0,8	0,057	0,145	0,477
0,9	0,00	0,03	0,00
1	0,00	0,00	0,00



Gambar 4.6 Kurva J-KT B4-100

3. Perpotongan K_T *propeller* dengan K_T *hull*



Gambar 4.7 Perpotongan kurva J-KT B4-100 dengan 10 KQ- η

Dari gambar 4.7 perpotongan K_T hull dengan K_T *propeller* mendapatkan nilai K. Dari perpotongan tersebut kita buat garis vertikal untuk mendapatkan harga K_T .

Tabel 4.5 Nilai K_T *propeller*

	J	KT	10KQ	η
Clean hull	0,4711	0,225	0,0340	0,4931
Rought hull	0,4497	0,236	0,0350	0,4752

Dengan menggunakan nilai J pada tabel 4.5 akan dapat mengetahui nilai n (putaran) *propeller* yang bekerja pada efisiensi tersebut.

a. *Clean hull*

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_A}{J \times D} \\
 &= \frac{4,035}{0,4711 \times 2,098} \\
 &= 4,083 \text{ rps} \\
 &= 244,967 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

b. *Rought hull*

$$n = \frac{V_A}{J \times D}$$

$$n = \frac{4,035}{0,4497 \times 2,098}$$

$$= 4,277 \text{ rps}$$

$$= 256,624 \text{ rpm}$$

4. Mencocokkan Performa Motor Listrik dengan *Propeller*

a. *Clean Hull*

Tabel 4.6 Performa *clean hull*

Vs	Va		rps	rpm	Q (Nm)	DHP	SHP	BHP scr	BHP mcr
Knot	Knot	m/s				$(2 \pi Q / n)$	(DHP / η_s)	kW	kW
11,5	8,21	4,22	4,27	256	25788,8	691,28	719,78	734,47	864,08
11	7,85	4,03	4,08	245	23595,1	604,97	629,92	642,78	756,21
10,5	7,49	3,85	3,90	234	21498,8	526,17	547,87	559,05	657,70
10	7,14	3,67	3,71	223	19500,1	454,53	473,27	482,93	568,15
9,5	6,78	3,48	3,53	212	17598,8	389,70	405,77	414,05	487,12
9	6,42	3,30	3,34	200	15795	331,35	345,01	352,05	414,18
8,5	6,07	3,12	3,15	189	14088,8	279,14	290,65	296,58	348,91

b. *Rought Hull*

Tabel 4.7 Performa *rought hull*

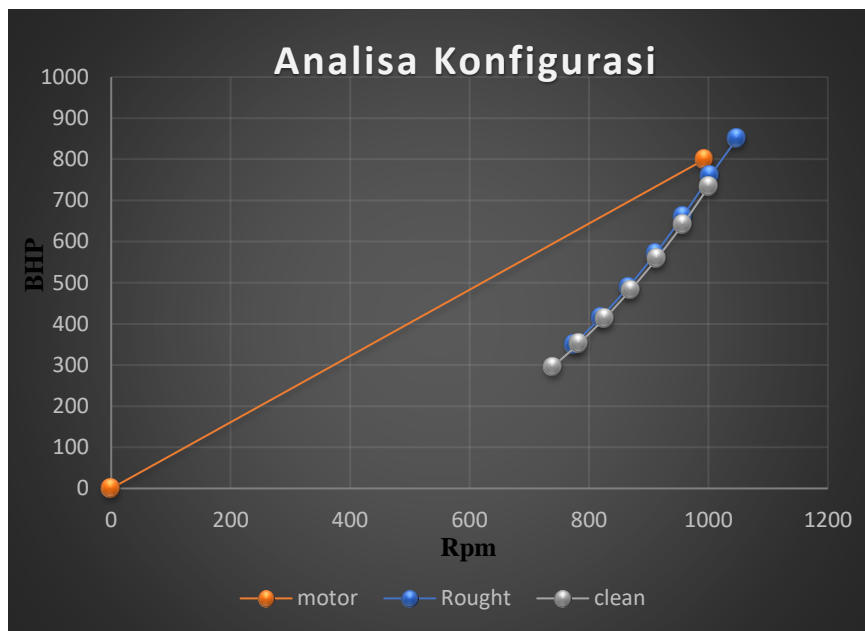
Vs	Va		n prop		Q (Nm)	DHP	SHP	BHP scr	BHP mcr
Knot	Knot	m/s	rps	rpm		$(2 \pi Q / n)$	(DHP / η_s)	kW	kW
11,5	8,21	4,22	4,47	268,289	29134,1	818,112	834,81	851,84	1002,17
11	7,85	4,03	4,28	256,624	26655,7	715,974	745,50	760,71	894,95
10,5	7,49	3,85	4,08	244,960	24287,6	622,712	648,39	661,62	778,3766
10	7,14	3,67	3,89	233,295	22029,5	537,922	560,10	571,53	672,391
9,5	6,78	3,48	3,69	221,630	19881,7	461,201	480,22	490,02	576,4912
9	6,42	3,30	3,50	209,965	17843,9	392,145	408,31	416,65	490,173
8,5	6,07	3,12	3,31	198,301	15916,3	330,351	343,97	350,99	412,9321

c. Presentase

Tabel 4.8 Persentase efisiensi

	Trial	Service
BHP _{mcr} (kW)	642,78	760,71
%Daya Mesin	80%	95%
RPM	245	256,624
%RPM	96%	100%

Dari proses perhitungan dan pembacaan grafik diatas. Selanjutnya dapat memperoleh grafik EPM.



Gambar 4.8 Grafik analisa konfigurasi perencanaan sistem propulsi motor DC

4.4 Perencanaan Sistem Propulsi Elektrik

Pada perencanaan sistem propulsi elektrik ini, main engine pada sistem konvensional akan diganti dengan motor dc pada sistem propulsi elektrik ini. Sistem propulsi elektrik adalah sistem propulsi (penggerak) pada kapal yang menggunakan *motor propulsion* sebagai mesin penggerak.

Motor listrik yang digunakan dapat berupa AC maupun DC untuk menggantikan peran dari mesin diesel sebagai *main engine*. Dalam hal ini sumber listrik (dapat berupa generator atau baterai) dihubungkan ke switchboard, dan selanjutnya energi atau aliran

listrik diteruskan ke transformer, kemudian ke motor elektrik yang menggerakkan *propeller* kapal.

1. Inverter DC – AC

Cara kerja inverter ini sebenarnya dilakukan dengan cara mengubah input sumber tegangan DC menjadi AC, yang kemudian diubah lagi menjadi DC dengan frekuensi yang dikehendaki, sehingga motor listrik tersebut dapat dikontrol atau dikendalikan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Perlu diketahui bahwa terdapat beberapa teknik kendali yang dapat digunakan agar inverter dapat menghasilkan sinyal sinusoidal. Salah satunya adalah dengan mengatur keterlambatan sudut penyalan inverter di tiap-tiap lengannya. Cara paling umum yang biasa digunakan adalah modulasi lebar pulsa (PWM).

2. Rectifier AC – DC

Alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus searah (DC) menjadi sinyal sumber bolak-balik (AC).

3. Converter DC – DC

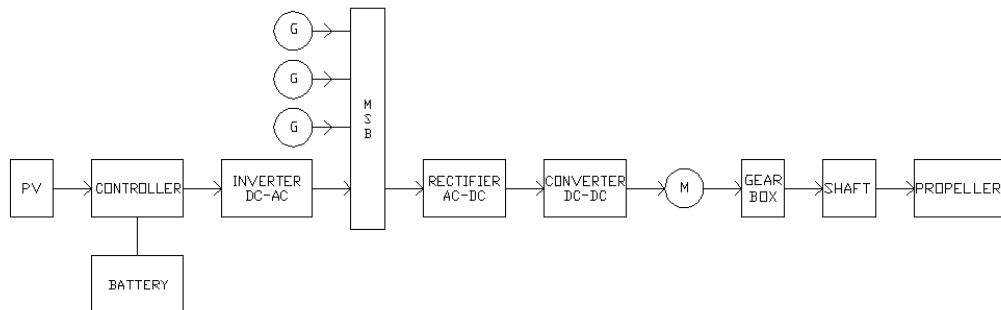
Pengubah daya DC-DC (*DC-DC Converter*) tipe peralihan atau dikenal juga dengan sebutan *DC Chopper* dimanfaatkan terutama untuk penyediaan tegangan keluaran DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan permintaan pada beban. Daya masukan dari proses DC-DC tersebut adalah berasal dari sumber daya DC yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap.

Pada dasarnya, penghasilan tegangan keluaran DC yang ingin dicapai adalah dengan cara pengaturan lamanya waktu penghubungan antara sisi keluaran dan sisi masukan pada rangkaian yang sama. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut tidak lain adalah *switch (solid state electronic switch)* seperti misalnya Thyristor, MOSFET, IGBT, GTO. Secara umum ada dua fungsi pengoperasian dari *DC Chopper* yaitu penaikan tegangan dimana tegangan keluaran yang dihasilkan lebih tinggi dari tegangan masukan, dan penurunan tegangan dimana tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan.

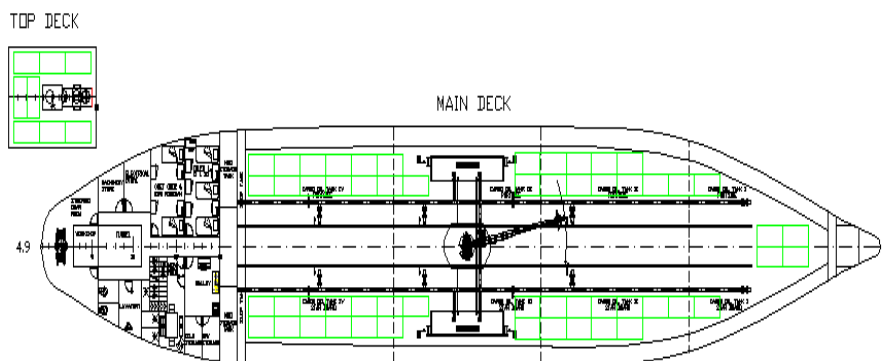
4.5 Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* (Sel Surya dan *Diesel Generator*)

Pada perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid ini akan digunakan kapal tanker 1700 DWT dari desain kapal sebelumnya. Dalam merencanakan ini harus ada komponen-komponen yang dibutuhkan pada sistem pembangkit listrik *hybrid* ini supaya

kebutuhan listrik pada kapal tanker bisa terpenuhi. Komponen - komponen yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Diagram blok pembangkit listrik *hybrid* surya



Gambar 4.10 Penempatan panel surya pada perencanaan kapal tanker 1700 DWT

Dalam merencanakan penempatan sel surya ada aspek yang perlu diperhatikan, seperti jarak. Jarak yang dimaksud ini seperti jarak dari panel surya agar tidak bertabrakan dengan komponen lain. Pada gambar 4.10 penempatan panel surya sudah sesuai dan tidak mengganggu pada komponen yang lain. Lalu penempatan sel surya ini berada pada *main deck* dan *top deck* kapal. Spesifikasi panel surya yang digunakan pada kapal tanker ini adalah sebagai berikut:

Karakteristik panel surya yang akan digunakan:

SunPower X21-335-BLK-C-AC

Output Power : 435 W

Size:

Panjang : 2067 mm

Lebar : 1046 mm

Tinggi : 46 mm

Weight : 25,4 kg

Efisiensi : 20,3 %



Gambar 4.11 Panel surya yang digunakan

Tabel 4.9 Perhitungan daya panel surya yang digunakan

Lokasi	Jumlah Panel	Daya Panel (Watt)	Total (Watt-h/)	Total (Kwh/hari)
Top Deck	8	435	3480	24,36
Main Dek	56	435	24360	170,52
Total	64	-	27840	194,88

Di Indonesia rata - rata penyinaran sinar matahari setiap harinya sekitar 10 -12 jam. Pada tabel 4.9 perhitungan total per harinya lama penyinaran maksimum sinar matahari akan panas untuk panel surya diasumsikan sekitar 7 jam per harinya.

Pada perencanaan panel surya sebelumnya didapatkan jumlah panel surya yang digunakan sebanyak 64 buah dngan daya perpanelnya 435 Watt dapat menghasilkan 194,88 Kwh perharinya.

4.6 Perencanaan Sistem Baterai

Perencanaan sistem baterai ini sangat berpengaruh juga karena untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh sinar matahari untuk panel surya agar tidak terbuang. Dari baterai ini akan dihitung daya yang akan keluar panel surya. Daya output ini dapat dihitung dengan cara berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Power PV} &= 194,88 \text{ kWh} \\
 &= 194880 \text{ Watt/hari} \\
 \text{Energi per baterai} &= 500 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} \\
 &= 6000 \text{ watt/jam} \\
 \text{Jumlah baterai} &= E_{pv} / \text{energi baterai} \\
 &= 194880 / 6000 \\
 &= 32,48 \text{ di bulatkan } 33 \text{ baterai}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan baterai, yang dibutuhkan tiap baterai di kapal ini adalah 6000 watt/jam. Dan jumlah baterai yang dipakai adalah 33 baterai. Baterai yang akan digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Karakteristik baterai yang akan digunakan:

Merek : *Smart Battery*
 Tipe : SB500-12V-500AH
 Kapasitas : 500 Ah
 Tegangan : 12 Volt
 Dimensi : 610 x 481 x 366 mm



Gambar 4.12 Baterai

4.7 Kebutuhan Generator

Kebutuhan generator ini sangat berpengaruh pada beban kelistrikan yang ada dikapal. Jika pada sistem konvensional kebutuhan generator dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Beban kelistrikan pada sistem konvensional

No.	Item		Sailing	Manuevering	Cargo Handling	Lean On
1.	Machinery Part	Continous Load	800	757,9	48,7	0
		Intermitten Load	27	9,8	24,8	9,8
2.	Hull Part	Continous Load	14,5	14,5	44,1	44,9
		Intermitten Load	0	0	0	0
3.	Electrical Part	Continous Load	9,1	9,2	4,1	8,9
		Intermitten Load	0,9	0,8	0	0
4.	Total Load	Continous Load	823,65	781,62	96,94	53,84
5.	Power	Intermitten Load	28,11	10,62	24,84	9,84
6.	Diservity Factor	0,6 x (d) intermitten	16,87	6,37	14,91	5,91
7.	Number of Load	(d) continue + €	840,51	787,99	111,84	59,74

Pada sistem konvensional yang ditunjukkan pada tabel 4.10, generator sangat digunakan dalam keadaan apapun. Sistem konvensional ini memakai mesin utama untuk menggerakkan kapal lalu pada sistem baru ini keberadaan mesin utama akan diganti dengan motor listrik. Motor listrik yang digunakan adalah motor dc. Motor dc ini akan jadi beban yang akan besar pada kapal tanker ini karena pada kondisi kapal itu akan berangkat pasti beban yang digunakan akan besar. Beban yang akan disuplai pada sistem konvensional adalah 76,09 kW. Pada sistem yang menggunakan motor dc, beban yang akan disuplai sebanyak 840,51 kW. Lalu pada sistem yang baru ini (pembangkit listrik *hybrid*) itu akan memakai sel surya sebanyak 64 buah sel surya yang daya tiap-tiap sel

surya sebanyak 194,88 kW. Beban kelistrikan pada sistem baru dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Beban kelistrikan pada sistem baru

No.	Item		Sailing	Manuevering	Cargo Handling	Lean On
1.	Machinery Part	Continous Load	29,06	29,6	107,7	19,9
		Intermitten Load	33	15,4	13,9	16,7
2.	Hull Part	Continous Load	17,3	27,9	26	36,4
		Intermitten Load	0	0	0	0
3.	Electrical Part	Continous Load	9,1	9,2	4,1	8,9
		Intermitten Load	0,9	0,8	0	0
4.	Total Load	Continous Load	56	66,66	137,79	65,13
5.	Power	Intermitten Load	33,48	16,16	13,87	16,73
6.	Diservity Factor	0,6 x (d) intermitten	20,09	9,7	8,32	10,04
7.	Number of Load	(d) continue + €	76,09	76,36	146,12	75,17

Pada saat kapal itu berlayar beban yang akan disuplai sebanyak 26,5 % yang akan digunakan sel surya. Generator pada sistem baru ini berbeda dengan generator pada sistem konvensional. Generator yang digunakan memiliki karakteristik sebagai berikut:

Karakteristik generator yang akan digunakan:

Merek : Deutz
Tipe : EPD450
Daya : 380 kW
Frekuensi : 50 Hz
Putaran : 1500 rpm
Jumlah unit : 3 Unit



Gambar 4.13 Generator

Untuk menyuplai beban pada kapal ini total beban yang digunakan sebesar 645,63 kW akan dibutuhkan 2 generator beroperasi pada saat kondisi *sea going*. Pada kapal juga harus diatur cadangan untuk generator, dikapal ini menggunakan 2 generator untuk dijalankan dan 1 generator untuk cadangan.

4.8 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan untuk mengetahui penggunaan motor DC penguat terpisah sebagai penggerak utama kapal dan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* surya generator pada kapal tanker 1700 DWT itu efektif atau penggunaan motor DC ini akan mengalami pemborosan pada biayanya. Analisis ini dilakukan juga untuk mengetahui gambaran prospek biaya penggunaan motor DC pada sistem yang baru nantinya.

Analisa ekonomi ini dilakukan dengan cara menghitung keekonomian pada sistem yang konvensional terlebih dahulu. Lalu menghitung keekonomian pada sistem yang baru. Lalu jika selesai hasil perhitungan ekonomi pada sistem konvensional dibandingkan dengan sistem yang baru. Sistem yang baru ini memakai motor DC dan sistem *hybrid* surya.

4.8.1 Perhitungan Biaya Investasi Awal pada Kapal yang menggunakan Sistem Konvensional

Biaya investasi awal pada perhitungan ini diperoleh dari biaya yang akan dihabiskan pada saat awal pembangunan. Pada perhitungan biaya awal ini harus tertera komponen - komponen secara lengkap agar nanti jika dipasang bisa sesuai dengan yang didata.

Perhitungan biaya awal pada sistem konvensional meliputi biaya investasi awal pada sistem propulsi pada kapal tanker ini. Biaya awal komponen ini tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Daftar biaya awal pada sistem konvensional

No.	Komponen	Jumlah	Harga Per Unit	Total Harga
1.	<i>Main Engine</i>	1	Rp. 2.500.000.000	Rp. 2.500.000.000
2.	<i>Gearbox</i>	1	Rp. 45.000.000	Rp. 45.000.000
3.	<i>Shaft</i>	1	Rp. 55.000.000	Rp. 55.000.000
4.	<i>Propeller</i>	1	Rp. 50.000.000	Rp. 50.000.000
5.	<i>MDO Separator</i>	2	Rp. 165.681.818	Rp. 331.363.636
6.	<i>MDO Pre-Heater</i>	2	Rp. 135.000.000	Rp. 270.000.000
7.	<i>MDO Transfer Pump</i>	2	Rp. 14.500.000	Rp. 29.000.000
8.	<i>MDO Stand by Pump</i>	1	Rp. 14.500.000	Rp. 14.500.000
9.	<i>LO Transfer Pump</i>	1	Rp. 2.025.000	Rp. 2.025.000

10.	<i>LO Separator Unit</i>	1	Rp. 21.345.000	Rp. 21.345.000
11.	<i>LO Pre Heater Separator</i>	1	Rp. 94.500.000	Rp. 94.500.000
12.	<i>SW Cooling Pump</i>	2	Rp. 47.888.514	Rp. 95.777.028
13.	<i>Central Cooling Pump</i>	1	Rp. 7.023.649	Rp. 7.023.649
14.	<i>LT standby pump</i>	1	Rp. 35.118.243	Rp. 35.118.243
15.	<i>HT standby pump</i>	1	Rp. 35.118.243	Rp. 35.118.243
16.	<i>Air Compressor</i>	2	Rp. 75.109.091	Rp. 150.218.182
17.	<i>FW Hydrophore Set</i>	1	Rp. 7.350.000	Rp. 7.350.000
18.	<i>SW Hydrophore Set</i>	1	Rp. 7.350.000	Rp. 7.350.000
19.	<i>Oily Water Separator</i>	1	Rp. 33.750.000	Rp. 33.750.000
20.	<i>Oily Bilge Pump</i>	1	Rp. 1.277.027	Rp. 1.277.027
21.	<i>Ballast - Bilge pump</i>	2	Rp. 59.062.500	Rp. 118.125.000
22.	<i>Fire pump</i>	2	Rp. 35.118.243	Rp. 70.236.486
25.	<i>Main Pump</i>	2	Rp. 121.500.000	Rp. 243.000.000
26.	<i>Stripping Pump</i>	2	Rp. 2.349.000	Rp. 4.698.000
27.	<i>Generator set</i>	3	Rp. 860.000.000	Rp. 2.580.000.000
TOTAL HARGA KESELURUHAN				Rp. 6.801.775.494

Jadi total biaya awal pada sistem konvensional yang menggunakan komponen-komponen yang ada dalam sistem pada perencanaan kapal tanker ini adalah Rp. 6.801.775.494

4.8.2 Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar pada Kapal yang menggunakan Sistem Konvensional

Berdasarkan data konsumsi bahan bakar kapal tanker ini masih memakai mesin diesel yang berdaya sekitar 800 kW. Di data ini jumlah suplai daya yang dibutuhkan paling besar yaitu saat cargo handling, yaitu 146,12 kW.

Generator yang dipakai pada sistem konvensional ini sebesar 86 kW. Jadi untuk menyuplainya membutuhkan daya sebesar 645,63 kW dan harus dibutuhkan 2 generator yang aktif beroperasi. Maka pada kapal ini harus dipasang sebanyak 3 generator yang meliputi 2 generator untuk aktif beroperasi dan 1 generator untuk cadangan sementara. Perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar pada kapal yang menggunakan sistem konvensional tercantum pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Daftar kebutuhan bahan bakar pada sistem konvensional

Komponen	Jumlah	Power (kW)	SFOC (g/kWh)	Ton/ jam	Ton/ hari	Ton/ tahun
<i>Main Engine</i>	1	800	197	0,205	4,917	1268,617
<i>Auxilliary Engine</i>	3	86	107,44	0,036	0,865	223,131
TOTAL KEBUTUHAN BAHAN BAKAR						1491,748

Berikut ini adalah taksiran harga MFO Solar Industri pada PT. Pertamina (Persero) yaitu sebagai berikut:

MFO (*Marine Fuel Oil*)

Wilayah I (Sumatera, Jawa, Bali, Madura) = Rp. 6.250

Wilayah II (Kalimantan) = Rp. 6.350

Wilayah III (Sulawesi, NTB) = Rp. 6.450

Wilayah IV (Maluku, NTT, Irian Jaya) = Rp. 6.600

Rumus yang digunakan dalam mencari biaya konsumsi bahan bakar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya FOC} &= \text{FOC} \times \text{Harga MFO} \times 1000 \\
 &= 1342,994 \times 6350 \times 1000 \\
 &= 8528011748 \\
 &= \text{Rp. } 8.528.011.748 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Jadi, biaya konsumsi bahan bakar / Fuel Oil Consumption (FOC) pada sistem konvensional yang menggunakan main engine dan auxiliary engine pada kapal tanker dalam per tahun adalah Rp. 9.472.599.800

4.8.3 Perhitungan Biaya Operasional pada Kapal yang menggunakan Sistem Konvensional

Biaya operasional dalam kapal ini adalah jumlah biaya awal pada kapal yang menggunakan sistem konvensional ditambah dengan jumlah biaya konsumsi bahan bakar pada kapal yang menggunakan sistem konvensional.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya operasional} &= \text{biaya awal} + \text{biaya konsumsi bahan bakar} \\
 &= 6.801.775.494 + 9.472.599.800 \\
 &= \text{Rp. } 16.274.375.294
 \end{aligned}$$

Jadi, biaya operasional yang dibutuhkan kapal tanker yang menggunakan sistem konvensional adalah Rp. 16.274.375.294

4.8.4 Perhitungan Biaya Awal pada Kapal yang menggunakan Sistem Baru

Perhitungan biaya awal pada sistem baru ini pasti akan berbeda dengan biaya pada sistem konvensional karena pada sistem baru ini menggunakan motor dc untuk penggerak utama kapal dan pembangkit listrik *hybrid* surya.

Biaya awal ini akan menghitung biaya-biaya yang digunakan pada investasi awal, seperti panel surya, motor dc dan komponen lain yang berhubungan dengan sistem baru ini. Perhitungan biaya awal dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Daftar biaya awal pada sistem baru

No.	Komponen	Jumlah	Harga Per Unit	Total Harga
1.	Motor DC	1	Rp. 250.000.000	Rp. 250.000.000
2.	<i>Converter</i>	1	Rp. 100.000.000	Rp. 100.000.000
3.	<i>Rectifier</i>	1	Rp. 50.000.000	Rp. 50.000.000
4.	<i>Inverter</i>	1	Rp. 50.000.000	Rp. 50.000.000

5.	<i>Gearbox</i>	1	Rp. 40.000.000	Rp. 40.000.000
6.	<i>Shaft</i>	1	Rp. 55.000.000	Rp. 55.000.000
7.	<i>Propeller</i>	1	Rp. 50.000.000	Rp. 50.000.000
8.	<i>Oily Water Separator</i>	1	Rp. 33.750.000	Rp. 33.750.000
9.	<i>Oily Bilge Pump</i>	1	Rp. 1.277.027	Rp. 1.277.027
10.	<i>Ballast - Bilge Pump</i>	2	Rp. 59.062.500	Rp. 118.125.000
11.	<i>Fire Pump</i>	2	Rp. 35.118.243	Rp. 70.236.486
12.	<i>Main Pump</i>	2	Rp. 121.500.000	Rp. 243.000.000
13.	<i>Stripping Pump</i>	2	Rp. 2.349.000	Rp. 4.698.000
14.	<i>Generator</i>	3	Rp. 3.800.000.000	Rp. 11.400.000.000
15.	Baterai	33	Rp. 2.533.785	Rp. 83.614.905
16.	Panel Surya	64	Rp. 5.740.906	Rp. 367.417.984
17.	<i>Solar Charge Controller</i>	1	Rp. 11.203.518	Rp. 11.203.518
TOTAL HARGA KESELURUHAN				Rp 12.928.322.920

Jadi total biaya awal pada sistem baru yang menggunakan motor listrik dan menggunakan komponen- komponen yang ada dalam sistem pada motor dc untuk perencanaan kapal tanker ini adalah Rp. 12.928.322.920

4.8.5 Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar pada Kapal yang menggunakan Sistem Hybrid

Dari perhitungan biaya awal pada sistem *hybrid* tadi selanjutnya adalah menghitung biaya konsumsi pada sistem *hybrid*. Di sistem *hybrid* ini menggunakan motor listrik yaitu motor dc dan sistem *hybrid* surya.

Pembebanan yang akan disuplai pada tahap ini akan lebih banyak karena di sistem baru ini menggunakan motor listrik. Beban yang sudah dihitung sebelumnya akan dimunculkan lagi pada tahap ini.

Biaya konsumsi ini juga akan berpengaruh jika ada kompone yang akan ditambahkan pada sistem baru seperti motor dc, *inverter*, *rectifier*, *converter*, sel surya, dll.

Pada perhitungan kebutuhan daya pada sistem konvensional paling besar yaitu 840,51 kW pada saat kapal itu berlayar. Dan sistem pembangkit listrik *hybrid* ini juga akan mencadangkan daya sebesar 26,5 %. Selanjutnya, generator akan menyuplai sebesar 645,63 kW. Pada saat generator menyuplai daya sebesar itu harus ada cadangan generator lainnya. Generator lainnya disini harus ada dan yang dibutuhkan harus dua generator. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 4.15 berikut

Tabel 4.15 Total kebutuhan bahan bakar pada sistem *hybrid*

Komponen	Jumlah	Power (kW)	SFOC (g/kWh)	Ton/ jam	Ton/ hari	Ton/ tahun
Generator	3	380	154,74	0,229	5,504	1419,978
TOTAL KEBUTUHAN BAHAN BAKAR						1419,748

Berikut ini adalah taksiran harga MFO Solar Industri pada PT. Pertamina (Persero) yaitu sebagai berikut:

MFO (*Marine Fuel Oil*)

Wilayah I (Sumatera, Jawa, Bali, Madura) = Rp. 6.250

Wilayah II (Kalimantan) = Rp. 6.350

Wilayah III (Sulawesi, NTB) = Rp. 6.450

Wilayah IV (Maluku, NTT, Irian Jaya) = Rp. 6.600

Jika dilihat pada tabel 4.15 total kebutuhan bahan bakar pada sistem baru per tahunnya sebesar 1419,978 ton. Dari hasil kebutuhan bahan bakar per tahun tadi dapat dihitung biaya konsumsi bahan bakar yang akan digunakan pada sistem baru ini.

Rumus yang akan digunakan untuk mencari harga biaya konsumsi bahan bakar dalam per tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya FOC} &= \text{FOC} \times \text{Harga MFO} \times 1000 \\ &= 595,017 \times 6350 \times 1000 \\ &= 3778356505 \\ &= \text{Rp. 3.778.356.505}\end{aligned}$$

Jadi, biaya konsumsi bahan bakar / Fuel Oil Consumption (FOC) pada sistem baru yang menggunakan generator ini pada perencanaan kapal tanker dalam per tahun adalah Rp. 9.016.860.300

4.8.6 Perhitungan Biaya Operasional pada Kapal yang menggunakan Sistem *Hybrid*

Biaya operasional dalam kapal ini adalah jumlah biaya awal pada kapal yang menggunakan sistem baru yang menggunakan motor listrik (dc) dan sistem pembangkit listrik *hybrid* surya ditambah dengan jumlah biaya konsumsi bahan bakar pada kapal yang menggunakan sistem baru.

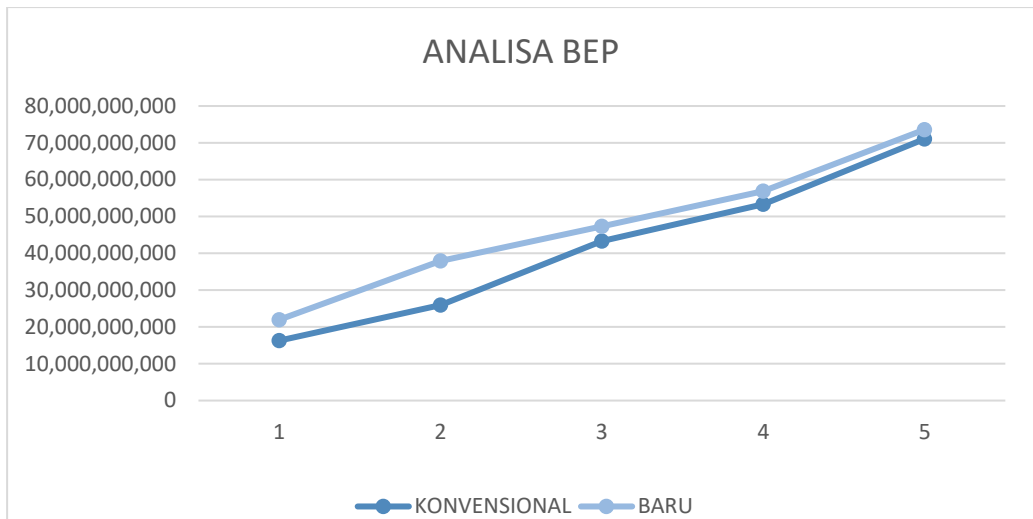
$$\begin{aligned}\text{Biaya operasional} &= \text{biaya awal} + \text{biaya konsumsi bahan bakar} \\ &= 4.949.775.494 + 8.528.011.748 \\ &= \text{Rp. 13.477.787.242}\end{aligned}$$

Jadi, biaya operasional yang dibutuhkan kapal tanker yang menggunakan sistem *hybrid* adalah Rp. 21.945.183.220

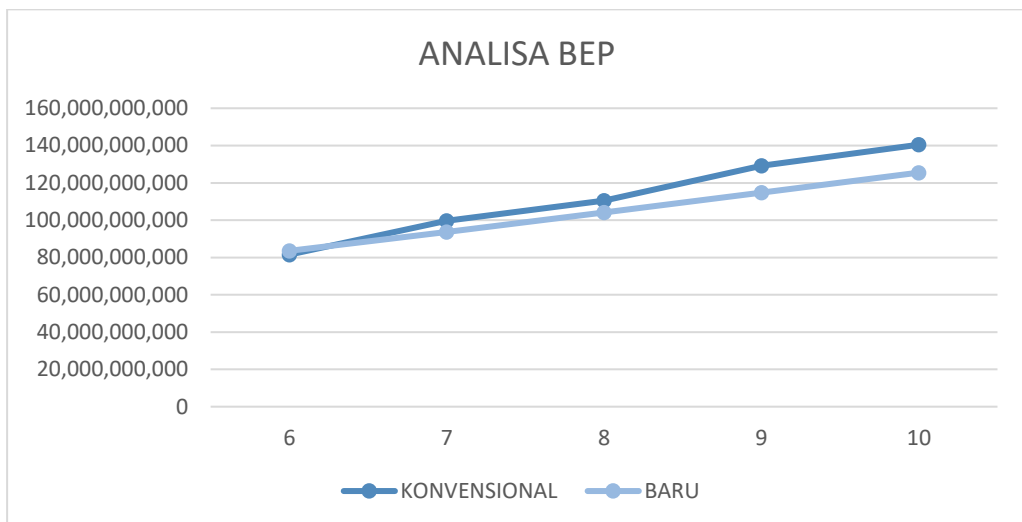
4.9 Analisa BEP

Seimbang dalam keadaan tidak untung dan tidak rugi atau disebut dalam keadaan *Break Event Point* (BEP). Perusahaan dikatakan dalam keadaan BEP jika biaya total produksinya sama dengan hasil penjualannya dan biaya variabel produksinya masih berada dibawah hasil penjualannya.

Untuk mengetahui perusahaan tersebut berada dalam posisi seimbang atau tidak, kita akan menganalisis melalui bagaimana hubungan struktur biaya yang dikeluarkan dengan struktur *revenue* (penerimaan hasil penjualan) yang terjadi pada perusahaan tersebut. Untuk dapat mengetahui Analisa BEP maka dapat dilihat pada gambar 4.14 dan 4.15



Gambar 4.14 Grafik analisa BEP pada tahun ke-1 sampai tahun ke-5



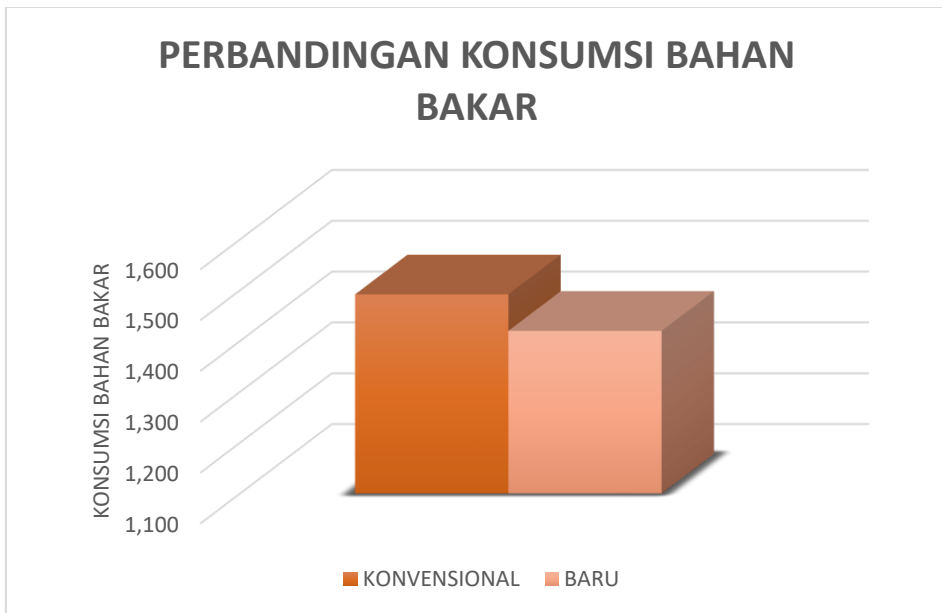
Gambar 4.15 Grafik Analisa BEP pada tahun ke-6 sampai tahun ke-10

Pada gambar 4.15 terdapat garis perpotongan antara biaya operasional pada sistem konvensional dan sistem baru. Garis perpotongan tersebut yang dinamakan *Break Even Point*. Perpotongan (*Break Even Point*) tersebut akan bertemu pada biaya Rp. 82.000.000.000 pada tahun ke-6. Selanjutnya pada gambar 4.15 biaya pada sistem baru akan lebih murah dibandingkan pada sistem konvensional.

4.10 Analisis Penghematan Konsumsi Bahan Bakar

Analisis ini dilakukan agar mengetahui konsumsi bahan bakar ini tidak boros pada penggunaannya. Analisis ini didapat dari perhitungan konsumsi bahan bakar yang menggunakan sistem konvensional dan konsumsi bahan bakar yang menggunakan sistem baru. Rumus yang digunakan untuk penghematan konsumsi bahan bakar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Penghematan} &= \frac{\text{FOC konvensional} - \text{FOC baru}}{\text{FOC konvensional}} \times 100\% \\ &= \frac{1342,994 - 595,017}{1342,994} \times 100\% \\ &= 55,7\%\end{aligned}$$



Gambar 4.16 Grafik penghematan konsumsi bahan bakar

Untuk mengetahui penghematan konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada gambar 4.16. Di gambar 4.16 diketahui bahwa pada sistem konvensional itu konsumsi bahan bakarnya terlalu boros. Namun sebaliknya pada sistem baru bahan bakarnya bisa menghemat sampai 71,770 ton/tahun. Jadi pada sistem baru ini yang menggunakan motor dc dan sistem pembangkit listrik akan berguna untuk penghematan konsumsi bahan bakar karena ada sistem pembangkit listriknya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada pengembangannya motor dc ini lebih mudah dikendalikan kecepatannya dan arus yang karena didalam sistem baru ini motor dc akan dipasangkan pada sistem propulsi elektrik yang menggunakan *inverter*, *rectifier* dan *converter* dalam pelaksanaan prosesnya.
2. Biaya awal pada sistem baru akan mahal jika dibandingkan dengan sistem konvensional karena biaya awal pada sistem baru akan dipergunakan selanjutnya dan bisa diminimalisir untuk biaya perawatannya. Lalu pada biaya konsumsi bahan bakar pada sistem baru bisa diminimalisir untuk konsumsinya karena pada sistem baru menggunakan motor dc dan panel surya.
3. Analisa break even point pada motor dc dan sistem pembangkit listrik *hybrid* terdapat garis perpotongan antara biaya operasional pada sistem konvensional dan sistem baru. Perpotongan (*Break Even Point*) tersebut akan bertemu pada biaya Rp. 82.000.000.000 pada tahun ke-6. Jika dihitung pada skala jangka panjang sistem baru ini akan menguntungkan walaupun pada biaya awal tahun pertama di sistem baru mahal selanjutnya hasil pada sistem baru tersebut akan lebih murah dibandingkan sistem konvensional.

Dari hasil yang dianalisa dapat disimpulkan bahwa motor dc yang akan menggantikan *main engine* pada sistem baru ini akan menggerakkan sistem utama pada kapal (prime mover) dan sistem pembangkit listrik *hybrid*. Penggunaan motor dc dan sistem pembangkit listrik *hybrid* ini dalam keseluruhannya analisis ekonominya bisa dihemat pada jangka selanjutnya dan bisa dipakai pada kapal di Indonesia khususnya pada kapal tanker.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut :

1. Dalam penelitian selanjutnya bisa ditekankan pada peletakan *engine room layout* dari semua komponen yang ada pada sistem di kapal tanker dan stabilitas pada kapal tanker juga diperhitungkan.
2. Dalam penelitian ini data yang diambil kurang sehingga untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan percobaan yang lebih banyak supaya datanya lebih akurat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Herlangga, Prolan. 2012. *Aplikasi Motor DC pada Alat Penghitung dan Pengelompokan Barang Otomatis*. Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika. Palembang Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Nugroho, Nalaprana. 2015. *Analisa Motor DC sebagai Penggerak Mobil Listrik*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Putri, Dhear Prima. 2016. *Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Surya (Sel Surya dan Diesel Generator pada Kapal Tanker PT. Pertamina (Persero) Perkapalan*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS
- Said, Muhammad Iqbal. 2013. *Diesel Electric Propulsion System Sebagai Alternative Penggerak Pada Kapal Ikan 10 GT*. Program Strata I Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Sarjan, Muhammad. 2011. *Perbandingan Karakteristik Motor Induksi Belitan Gelung Dengan Belitan Spiral*. Jurnal Ilmiah Foristek Vol. 1, No. 1.
- Sidiq, Ahmad Ridwan. 2014. *Jurnal Sel Surya*. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Waroh, Anthoinete P.Y. 2014. *Analisa dan Simulasi Sistem Pengendalian Motor DC*. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado.
- Zuhal. 1988. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 9 Juni 1995, dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Selama hidupnya penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Kartika IV-9, SDN Sawunggaling II Surabaya, SMP Negeri 21 Surabaya, dan SMA Negeri 22 Surabaya. Setelah lulus pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perkuliahan dan diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 04211340000066 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menempuh pendidikan perkuliahan, penulis juga aktif dalam kegiatan dan organisasi di dalam kampus. Organisasi yang pernah dilakukan penulis adalah menjadi anggota Koperasi Mahasiswa ITS dan sering berkesempatan menjadi panitia acara di koperasi mahasiswa, kemudian pada tahun berikutnya penulis sering menjadi panitia di dalam acara Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan dari tahun 2014-2016. Dalam bidang pengembangan diri, penulis pernah ikut dalam Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM). LKMM yang diikuti antara lain, LKMM Pra Tingkat Dasar, kemudian pernah menjadi peserta Pelatihan Karya Tulis Ilmiah. Pada tahun terakhir, penulis mengambil bidang studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS). Di laboratorium tersebut, penulis berkesempatan menjadi *grader* untuk praktikum listrik. Pengalaman Kerja Praktek yang pernah dilakukan oleh penulis adalah di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya dan PT. Biro Klasifikasi Indonesia cabang Madya Semarang.